



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE PETROCHIMIE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Industries Pétrochimiques

Spécialité : Automatisation en Industries Pétrochimiques

Réalisé par :

NECIB Nesrine

RIHANE Merieme

Encadré par :

Pr : ROUAINIA Mounira

Régulation de la pression du ballon 10v3A de l'unité de distillation de la raffinerie RA1K Skikda par DCS Yokogawa CS3000

Soutenu le : 30-06-2024 devant le jury:

Karboua Adlen

Président

Université 20 Août 1955-Skikda

Rouaïnia Mounira

Encadreur

Université 20 Août 1955- Skikda

Chettah Chouaib

Examineur

Université 20 Août 1955-Skikda

Année Universitaire 2023-2024



Nous commençons par exprimer notre gratitude à Dieu pour tout le courage et la force qu'il nous a donné pour réaliser ce travail et pour avoir eu la bonté de nous entourer des personnes qui ont, chacune à leur façon, contribué à la réalisation de ce mémoire. En second lieu, nous tenons à remercier mon encadrante, Mme **ROUAINIA Mounira**, pour sa présence et son aide tout au long de cette période de travail. Nous sommes également reconnaissante envers Mme **MESMOUDI Amel** pour ses précieux conseils qui nous ont permis de mener à bien notre projet. Ainsi qu'à tous les enseignants du département de la pétrochimie et de la faculté de technologie. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, **Mr KARBOUA Adlen** et **Mr CHATTAH Chouaib**, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et en l'enrichissant par leurs propositions. Enfin, nous souhaitons également remercier toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

À mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinie.

*Chère maman **Karima**,*

La lumière de mes yeux, ma vie... À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui a sacrifié sa vie pour notre réussite avec ses prières qui m'ont éclairé le chemin, par sa tendresse unique au monde. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra jamais exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. Que Allah te donne la santé et la joie.

*Mon cher papa **Merzoug**,*

Mon roi, mon soutien, mon ami et mon tout, mon épaule solide, mon œil attentif et compréhensif, la personne la plus digne de mon estime et de mon respect pour ton sacrifice, ta patience, tes encouragements et ton amour, et surtout pour ta douaa. Je dédie ce diplôme entièrement à toi, papa. J'espère qu'un jour, je pourrai te rendre un peu de ce que tu as fait pour moi. Que Dieu te donne bonheur et longue vie.

*À mes frères **Salah Eddine** et **Ala Nedjm Eddine** ainsi qu'à ma sœur adorée **Rania**, qui est aussi ma meilleure amie, merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante.*

*À mes très chères amies **Maroua**, **Nadia**, **Aya**, **Merieme**, **Nour** et **Assia**,*

*À mes anciennes amies **Djawahir** et **Ndjeh**, qui ont été mes partenaires dans les moments difficiles et mes partenaires de fête dans les moments de joie, merci pour votre amitié sincère, votre soutien sans faille et votre amour inconditionnel.*

Nesrine

Dédicace

À mes plus grands soutiens et sources d'inspirations, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinie

*Chère maman **Nadia***

La lumière de mes yeux, ma vie ... a la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui sacrifiée, sa vie sa vie pour notre réussite avec ses prières qui m'ont éclairés le chemin, par sa tendresse unique au monde. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra pas exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. Qu'Allah ta porte la santé et la joie.

*Mon cher papa **Samir***

Mon roi, mon soutien, mon ami et mon tout, mon épaule solide, mon œil attentif et compréhensif, la personne la plus digne de mon estime et de mon respect pour votre sacrifice, patience, encouragements et votre amour et surtout votre douaa je tiens ce diplôme carrément pour vous papa. J'espère qu'un jour, je puisse vous rendre un peu de ce que vous avez fait pour moi, que Dieu vous prête bonheur et longue vie.

*À mon frère **Ahmed Yassine** ainsi qu'à mes sœurs adorées **Zahra, Wissale et Wafaa**, qui sont aussi mes meilleures amies, merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante. Vous êtes ma source de joie et de bonheur, et je suis fière de vous avoir dans ma vie.*

*À mes chères **Fahima***

*À celle qui était comme une deuxième mère pour moi,
À mes tantes et mes oncles qui ont été un soutien pour moi chacun avec son nom et son rang.*

À mes chers grand-père et grand-mère

*À mes très chères amies **Maroua, Nadia, Nesrine, Aya, Nour et Assia**
À mes anciens amies **Dhikra**, et **Amira** qui ont été mes palières dans les moments difficiles et mes partenaires de fête dans les moments de joie, merci pour votre amitié sincère, votre soutien sans faille et votre amour inconditionnel.*

Meriem

Table Des Matières

1. CHAPITRE 1: PRESENTATION DU COMPLEXE RA1K.....	3
1.1. INTRODUCTION :.....	4
1.2. HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE :	4
1.3. SITUATION GÉOGRAPHIQUE :	5
1.4. ORGANIGRAMME GÉNÉRAL DU COMPLEXE DE RAFFINAGE DE SKIKDA:	6
1.5. ORGANISATION DE DÉPARTEMENT MAINTENANCE :	7
1.6. PRÉSENTATION DES UNITÉS DE PRODUCTION :	7
1.7. CONCLUSION:.....	8
2. CHAPITRE 2: RÉGULATION ET INSTRUMENTATION.....	9
2.1. INTRODUCTION :.....	10
2.2. DÉFINITION DE LA RÉGULATION :	10
2.2.1. <i>L'objectif de la régulation</i> :	11
2.2.2. <i>Principe de la régulation</i> :.....	11
2.3. COMPORTEMENT EN MODE ASSERVISSEMENT :	11
2.4. COMPORTEMENT EN MODE RÉGULATION :	12
2.5. DÉFINITIONS D'UNE BOUCLE DE RÉGULATION :	12
2.6. LES PRINCIPALES GRANDEURS MESURÉES DANS L'INDUSTRIE :	13
2.7. ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UNE BOUCLE DE RÉGULATION :.....	13
2.8. NATURE DES SIGNAUX :	18
2.9. QUALITÉS ATTENDUES D'UNE RÉGULATION :	19
2.9.1. <i>La Stabilité</i> :.....	19
2.9.2. <i>La Précision</i> :.....	19
2.9.3. <i>La Rapidité</i> :	20
2.10. LES TYPES DE LA RÉGULATION :	20
2.11. LA RÉGULATION PID :	21
2.11.1. <i>Le régulateur proportionnel (P)</i> :	21
2.11.2. <i>Le régulateur intégral (I)</i> :.....	22
2.11.3. <i>Le régulateur dérivé (D)</i> :.....	22
2.11.4. <i>Régulateur de type PI</i> :	23

2.11.5.	<i>Régulateur de type PD</i> :.....	23
2.12.	RÉGULATION LOCALE :.....	23
2.13.	RÉGULATION PNEUMATIQUE :.....	24
2.14.	RÉGULATION ÉLECTRONIQUE :.....	24
2.15.	ÉTUDE DE DIVERS TYPES DE BOUCLES DE RÉGULATION :.....	24
2.15.1.	<i>Boucle ouverte</i> :.....	25
2.15.2.	<i>Boucle fermée</i> :.....	25
2.15.3.	<i>Boucle simple</i> :.....	26
2.15.4.	<i>Boucle de régulation en cascade (cascade control)</i> :.....	26
2.15.5.	<i>Boucle de régulation de rapport (Ratio control)</i> :.....	27
2.15.6.	<i>Boucle de régulation prédictive - mixte - à priori (Feedforward)</i> :.....	27
2.15.7.	<i>Boucle de régulation par partage d'étendue (split-range)</i> :.....	27
2.16.	CONCLUSION :.....	29
3.	CHAPITRE 3: PROCEDE ET COLONNE DE DISTILLATION	31
3.1.	INTRODUCTION :.....	32
3.2.	GÉNÉRALITÉ SUR LA DISTILLATION :.....	32
3.2.1.	<i>Définition de la distillation</i> :.....	32
3.2.2.	<i>Le principe générale de la distillation</i> :.....	32
3.2.3.	<i>Les modes de distillation</i> :.....	34
3.2.4.	<i>Les types de la distillation</i> :.....	35
3.3.	LA COLONNE DE DISTILLATION :.....	38
3.3.1.	<i>La définition de la colonne de distillation</i> :.....	38
3.3.2.	<i>les principaux composants de la colonne de distillation</i> :.....	38
3.3.3.	<i>Les appareils d'échange thermique</i>	44
3.3.4.	<i>Principe de fonctionnement des colonnes de distillation</i> :.....	45
3.4.	LA DISTILLATION DANS L'UNITÉ 10 DANS LA RAFFINERIE DE SKIKDA	47
3.4.1.	<i>Unité 10 de distillation atmosphérique</i>	47
3.4.2.	<i>Colonne de distillation atmosphérique C1</i>	49
3.5.	CONCLUSION.....	50
4.	CHAPITRE 4: SYSTEME DE CONTROLE DISTRIBUE YOKOGAWA CS3000	51
4.1.	INTRODUCTION.....	52

4.2.	HISTORIQUE DE YOKOGAWA	52
4.2.1.	<i>Évolution des systèmes de commande de YOKOGAWA :</i>	52
4.3.	LE DCS YOKOGAWA.....	53
4.3.1.	<i>Définition sur le DCS YOKOGAWA</i>	53
4.3.2.	<i>Historique du DCS</i>	53
4.3.3.	<i>: Description du DCS :</i>	54
4.3.4.	<i>Les caractéristiques du DCS :</i>	55
4.3.5.	<i>Architecture d'un Système de Contrôle Distribué (DCS) :</i>	56
4.4.	LE SYSTÈME CENTUM CS3000 :.....	58
4.4.1.	<i>Architecture hardware du système cs3000</i>	59
4.4.2.	<i>Aspect logiciel(software) :</i>	68
4.5.	CONCLUSION:.....	71
5.	CHAPITRE 5: APPLICATION A LA REGULATION DE LA PRESSION DU	
BALLON 10V3A	72	
5.1.	INTRODUCTION :.....	73
5.2.	L'OBJECTIF DE L'ÉTUDE :	73
5.3.	RÉALISATION DU RÉGULATEUR :.....	73
5.3.1.	<i>Création du projet :</i>	73
5.3.2.	<i>Programmation de la boucle de régulation :</i>	77
5.3.3.	<i>Création des fonctions blocks :</i>	78
5.4.	LA SIMULATION DE LA BOUCLE SPLIT RANGE :.....	79
5.5.	SIMULATION GRAPHIQUE DES VANNES SPLIT RANGE DE BALLON D'ACCUMULATION :	79
5.6.	LA POSITION DES BLOCK SPLIT :.....	80
5.6.1.	<i>Les paramètres des vanne A, B et C :</i>	81
5.6.2.	<i>Les paramètres du régulateur 10PIC15 :</i>	82
5.6.3.	<i>Effet de la pression du produit sur les positions de trois vannes :</i>	82
5.6.4.	<i>La comparaison entre la valeur mesurée et la consigne</i>	87
5.7.	CONCLUSION.....	87
6.	CONCLUSION GÉNÉRALE	89

Table des figures :

Figure 1.1 : Industrie De Raffinage En Algérie	5
Figure 1.2 : Plan général de la zone industrielle de Skikda	6
Figure 1.3 : Organigramme général de la raffinerie de Skikda.....	6
Figure 1.4 : Organisation de département de la maintenance	7
Figure 1.5 : Différentes unités du complexe RA1/K.....	7
Figure 2.1 : Schéma de principe d'une boucle de régulation.....	13
Figure 2.2 : Capteur De Pression	14
Figure 2.3 : Trans Analogique Figure 2.4 : : Trans Numérique Figure 2.5 : Trans De Pression.....	15
Figure 2.6 : : Régulateurs De Température Figure 2.7 : Régulateur PID.....	16
Figure 2.8 : Une Vanne Régulatrice Figure 2.9 : Une Vanne TOR	17
Figure 2.10 : Enregistreurs à diagramme Figure 2.11 : Enregistreurs numériques.....	18
Figure 2.12 : Convertisseur électro pneumatique IP.....	18
Figure 2.13 : Un Régulateur PID	21
Figure 2.14 : L'effet de l'action proportionnelle(P).....	22
Figure 2.15 : L'effet de l'action intégrale (I)	22
Figure 2.16 : Régulateur De Type (PI).....	23
Figure 2.17 : Une Boucle Ouverte	25
Figure 2.18 : Une Boucle Fermée	25
Figure 2.19 : Schéma D'une Boucle Simple.....	26
Figure 2.20 : Schéma d'une Boucle De Régulation En Cascade	26
Figure 2.21 : Schéma D'une Boucle De Régulation De Rapport (Ratio Control).....	27
Figure 2.22 : Boucle de régulation prédictive - mixte - à priori.	27
Figure 2.23 : schéma d'une boucle de régulation split range à deux vannes	28
Figure 3.1 : Distillation Atmosphérique.....	36
Figure 3.2 : Distillation Sous Vide.....	37
Figure 3.3 : schéma générale d'une colonne de distillation.....	38
Figure 3.4 : Description De La Colonne De Distillation	39
Figure 3.5 : Type de plateaux d'après l'écoulement des phases.	41
Figure 3.6 : Plateaux à cloches Figure 3.7 : Plateaux perforés	42
Figure 3.8 : Plateaux à soupapes.....	42
Figure 3.9 : Contact liquid vapeur	43
Figure 3.10 : Colonnes à garnissage à flux croisé.....	43

Figure 3.11 : Différents arrangements de distribution des phases dans les colonnes à garnissage.	43
Figure 3.12 : Condensation total	45
Figure 3.13 : Condenseur Partielle.....	45
Figure 3.14 : Une Colonne De Distillation Dans la RAIK.....	46
Figure 4.1 :Évolution des systèmes de commande de YOKOGAWA.....	53
Figure 4.2 : Description du DCS.....	55
Figure 4.3 : Architecture Du DCS.....	57
Figure 4.4 : Système CENTUME CS3000	60
Figure 4.5 : Architecture De FCS.....	63
Figure 5.1 : Création d'un projet.....	74
Figure 5.2: Création d'un FCS	74
Figure 5.3 : Création du HIS.....	75
Figure 5.4 :Création d'une carte d'entré analogique.....	76
Figure 5.5 : configuration du carte de communication N° 4.....	77
Figure 5.6 : configuration de la carte de communication N°5	77
Figure 5.7 : Programmation de la boucle de régulation.	78
Figure 5.8 : la réalisation de la boucle split range.....	78
Figure 5.9 :Création de bloc fonction	79
Figure 5.10 : Simulation graphique des vannes split range de ballon d'accumulation.	80
Figure 5.11 : La position du block Split 10PIC15SP1.	80
Figure 5.12 : La position du block Split 10PIC15SP2.	81
Figure 5.13 : Les paramètres des vannes 10PV15(A, B et C).....	82
Figure 5.14 : Le régulateur 10PIC15	82
Figure 5.15 : L'effet de la pression sur les trois vannes.....	83
Figure 5.16 : la fermeture de la vanne A.....	84
Figure 5.17 : L'ouverture de la vanne B	84
Figure 5.18 : L'ouverture de la vanne C	85
Figure 5.19 : L'ouverture de la vanne A	85
Figure 5.20 : la fermeture de la vanne B.....	86
Figure 5.21 : la fermeture de la vanne C.....	87

Liste des abréviations:

DCS : Système de Contrôle Distribué

SNCC : Système Numérique de Contrôle et Commande

PLC : Automate Programmable Industriel

SCADA : Système de Contrôle et d'Acquisition de Données

HIS : Station d'Interface Homme-Système

HMI : Interface Homme-Machine

DAC : Système d'Acquisition de Données

FCS : Station de Contrôle sur le Terrain

SE : Ingénierie de Station

CPU : Unité Centrale de Traitement

FCU : Unité de Contrôle sur le Terrain

NIU : Unité d'Interface de Noeuds

RIO : Entrée/Sortie à Distance

RISC (Reduced Instruction Set Computer) : Ordinateur à jeu d'instructions réduit

PFCS (Process Field Control Station) : Station de contrôle de champ de processus

LFCS (Local Field Control Station) : Station de contrôle de champ local

Résumé :

Cette présentation traite de l'amélioration de la régulation de la pression du ballon 10v3A dans l'unité de distillation de la raffinerie RA1K Skikda en utilisant le système de contrôle distribué (DCS) Yokogawa CS3000. En mettant en œuvre une régulation avancée, y compris une boucle de régulation en split range, nous visons à optimiser la stabilité, la précision et l'efficacité du processus. Les résultats montrent une réduction des risques d'incidents et une amélioration de la qualité du distillat. Des recommandations pour des mises à jour régulières du système et une formation continue du personnel sont également présentées.

Abstract:

This presentation focuses on improving the pressure regulation of the 10v3A vessel in the distillation unit of the RA1K Skikda refinery using the Yokogawa CS3000 Distributed Control System (DCS). By implementing advanced regulation, including a split range control loop, we aim to optimize the stability, precision, and efficiency of the process. The results show a reduction in incident risks and an improvement in distillate quality. Recommendations for regular system updates and ongoing personnel training are also provided.

ملخص:

تتناقش هذه المذكرة تحسين تنظيم ضغط الوعاء 10 v3A في وحدة التقطير بمصفاة RA1K سكيكدة باستخدام نظام التحكم الموزع (DCS) Yokogawa CS3000. من خلال تنفيذ تنظيم متقدم، بما في ذلك حلقة تنظيم ذات مدى مقسم، نهدف إلى تحسين الاستقرار والدقة وكفاءة العملية. تظهر النتائج تقليل مخاطر الحوادث وتحسين جودة المُقطَّر. كما يتم تقديم توصيات للتحديثات المنتظمة للنظام والتدريب المستمر للموظفين.

Introduction Générale

Introduction

Notre projet se concentre sur l'optimisation des procédés industriels dans une raffinerie de pétrole en utilisant des systèmes de contrôle avancés. Le complexe RA1K de Skikda est l'un des plus grands centres de raffinage en Algérie, et son bon fonctionnement est essentiel pour l'économie énergétique du pays. Dans ce cadre, la régulation précise des paramètres opérationnels, comme la pression, est cruciale pour assurer la sécurité, l'efficacité et la productivité des opérations de distillation.

- **Problématique**

La distillation est un processus complexe et énergivore, où de nombreux paramètres doivent être rigoureusement contrôlés pour garantir la qualité du produit final et la sécurité des opérations. Dans l'unité de distillation 10 du complexe RA1K, la pression du ballon 10v3A joue un rôle déterminant. Une régulation inadéquate de cette pression peut entraîner des fluctuations qui affectent non seulement la qualité du distillat mais aussi l'intégrité de l'équipement, augmentant ainsi les risques de pannes et d'incidents.

L'objectif principal de ce projet est de mettre en œuvre un système de contrôle distribué (DCS) Yokogawa CS3000 pour améliorer la régulation de la pression du ballon 10v3A. Le DCS Yokogawa CS3000 est reconnu pour sa fiabilité et sa capacité à gérer des processus complexes. En intégrant ce système, nous visons à stabiliser la pression du ballon, minimiser les variations, et optimiser l'ensemble du processus de distillation.

Un aspect crucial de ce projet est l'implémentation de la boucle de régulation "split range". La régulation en split range permet de contrôler plusieurs vannes de manière coordonnée pour maintenir la pression à un niveau optimal. Cette technique est particulièrement utile dans des scénarios où une seule vanne ne peut pas fournir la plage de contrôle nécessaire, ou où une régulation plus fine est requise pour des conditions opérationnelles variées.

- **Structure du Projet**

- **Présentation Du Complexe RA1K** : Une vue d'ensemble de la raffinerie, son histoire, sa localisation et son organisation.

Introduction Générale

- **Régulation et Instrumentation** : Concepts de base de la régulation, les types de régulation, et les boucles de régulation.
- **La Colonne De Distillation** : Fonctionnement de la distillation, types de colonnes, et spécificités de l'unité 10.
- **DCS YOKOGAWA CS3000** : Description détaillée du système de contrôle, ses caractéristiques et son architecture.
- **Simulation** : Mise en œuvre pratique du régulateur, simulations des boucles de régulation, et analyse des résultats.

Chapitre 1: Présentation Du Complexe RA1K

1.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons d'abord expliquer le principe de fonctionnement du complexe RA1/K de SKIKDA dont nous avons eu l'occasion d'avoir un aperçu global grâce au stage que nous avons effectué.

1.2. Historique de l'entreprise :

- Avant janvier 1982, le complexe de raffinage du pétrole RA1/K de SKIKDA était géré par la société nationale SONATRACH.
- A partir du 02 janvier 1982, la société SONATRACH a été restructurée en 13 entreprises, parmi ces entreprises ; l'entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers l'E.R.D.P créée par décret 80-101 du 06 Avril et mise en place le 02 janvier 1982. L'E.R.D.P est placée sous tutelle du ministère de l'énergie et des industries pétrochimiques.
- A partir du 02 février 1985, l'E.R.D.P a été transformée sous le nom commercial NAFTAL. Cette dernière est subdivisée en quatre unités à savoir :
 - Unité NAFTAL de Raffinage.
 - Unité NAFTAL de Distribution.
 - Unité NAFTAL Portuaire.
 - Unité NAFTAL de Maintenance.
 - A compter du 25 août 1987 et par décret 87-190 fut crée l'entreprise nationale

NAFTEC qui a pris en charge une des activités dévolues initialement à NAFTAL, en l'occurrence la promotion, le développement, la gestion et l'organisation de l'industrie du raffinage par notamment le traitement du pétrole brut et du condensat ainsi que du brut réduit importé en vue d'obtenir des produits raffinés destinés à la consommation nationale et à l'exportation.

Actuellement, l'entreprise nationale de raffinage du pétrole NAFTEC gère l'ensemble des trois raffineries situées à Skikda, Alger et Arzew.

Le Complexe de raffinage de pétrole de Skikda baptisé RA1/K a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de HASSI MESSAOUD avec une capacité de traitement de (15 millions t/an) ainsi que le brut réduit importé (271 100 t/an). Elle emploie à l'heure actuelle plus de 1500 travailleurs. La raffinerie de Skikda a été construite en janvier 1976 à la suite d'un contrat signé le 30 avril 1974 entre le gouvernement Algérien et les constructeurs Italiens SNAM PROGETTI et SAIPEM. Le coût total de cette réalisation s'est élevé à 3.402.872.000 DA. Actuellement, la raffinerie de Skikda est en cours de projet de réhabilitation et adaptation des unités de production suite au contrat du 04 juillet 2009 : EIL partie étude et SAMSUNG partie réalisation ; Fin des travaux prévus : août 2012.

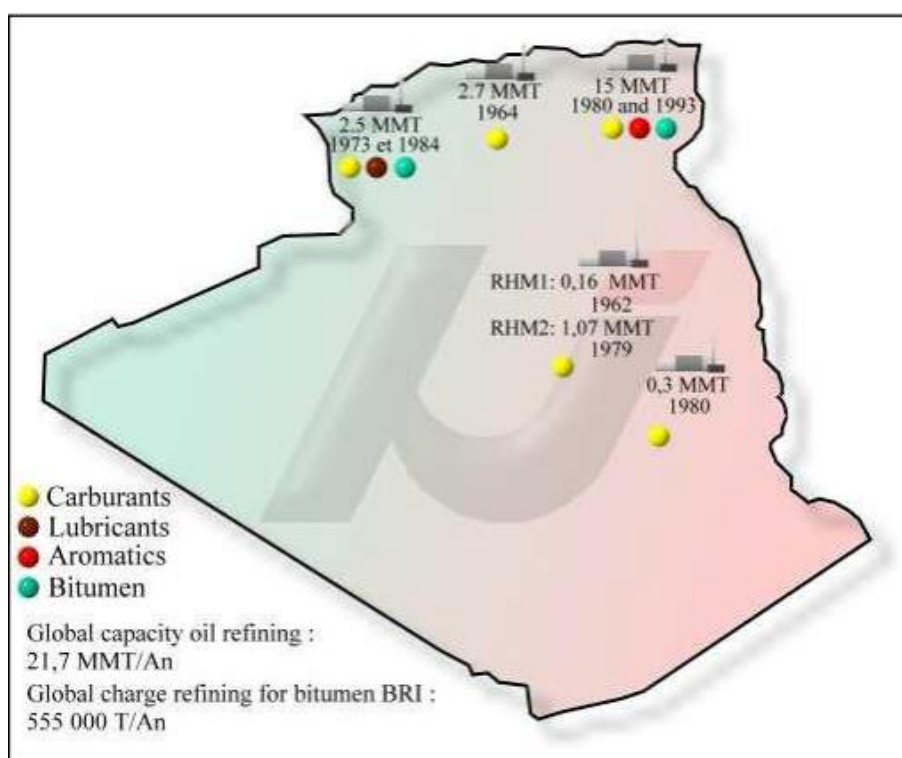


Figure 1.1 : Industrie De Raffinage En Algérie

1.3. Situation géographique :

La Raffinerie de Skikda est située dans la zone industrielle de Skikda à 7 km à l'est de la ville de Skikda et à 2 km de la mer méditerranée et aménagée sur une superficie de plus de 190 hectares.

Elle est alimentée en brut algérien par l'unité de transport TRC de Skikda, et le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'une pipe – line à une distance de 760 km des champs pétroliers de HASSI MESSAOUD jusqu'au complexe. [1]

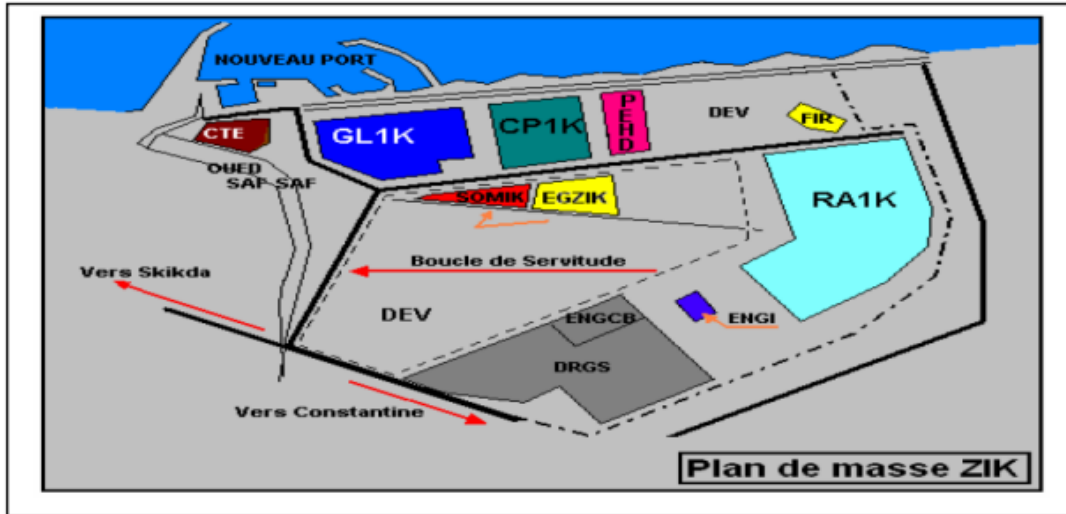


Figure 1.2 : Plan général de la zone industrielle de Skikda

1.4. Organigramme général du complexe de raffinage de Skikda:

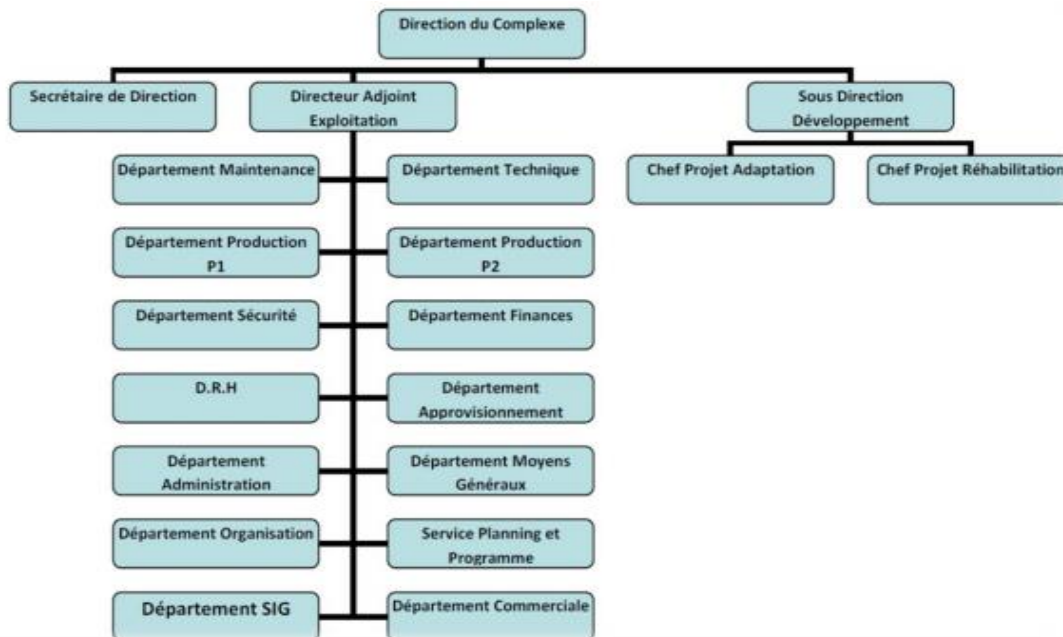


Figure 1.3 : Organigramme général de la raffinerie de Skikda

1.5. Organisation de département maintenance :

La figure (I.4) représente l’organigramme de l’organisation de département de la maintenance de l’entreprise RA1/K de SKIKDA.

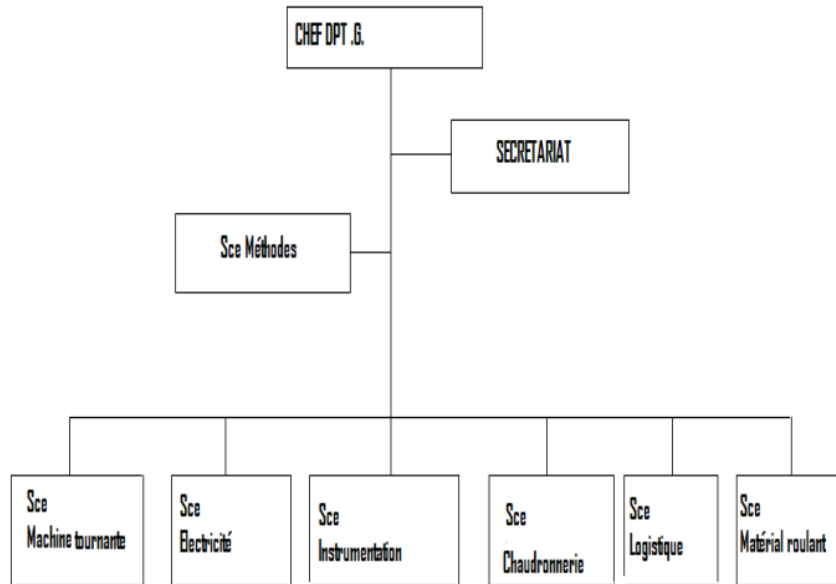


Figure 1.4 : Organisation de département de la maintenance

1.6. Présentation des unités de production :

La raffinerie de Skikda est divisée en différentes unités de production, en outre elle comprend 22 unités:

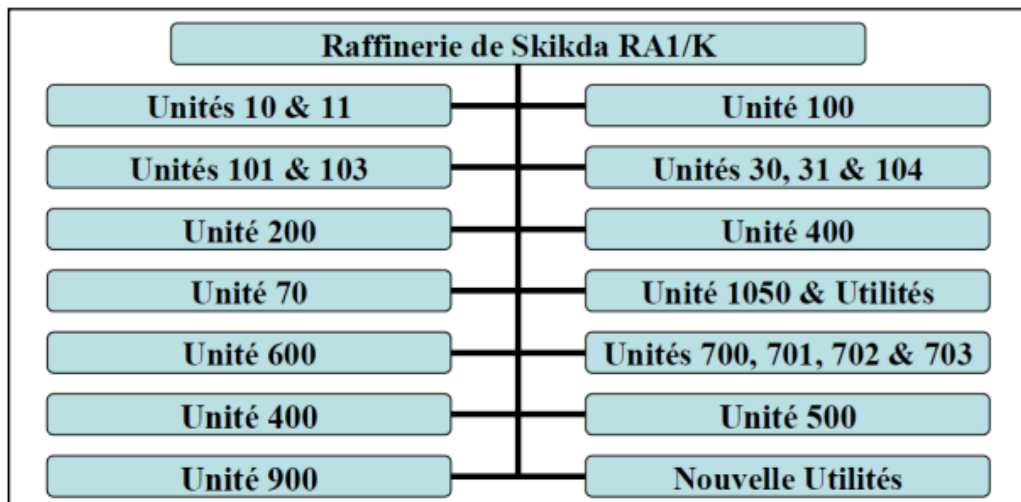


Figure 1.5 : Différentes unités du complexe RA1/K

- Unités 10 & 11 de distillation atmosphérique (Topping).
- Unité 100 de prétraitement et de reforming catalytique (Magnaforming).
- Unités 101 & 103 de prétraitement et de reforming catalytique (Platforming).
- Unités 30, 31 & 104 de traitement et séparation des gaz (GPL).
- Unité 200 d'extraction des aromatiques.
- Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène.
- Unité 500 d'isomérisation du xylène.
- Unité 70 de distillation sous vide (Bitume).
- Unité 1050 centrale thermique (CTE) et utilités.
- Unité 600 de stockage, mélange et expédition (Melex).
- Unités 700, 701 ,702 et 703 de hydrotraitement et isomérisation du NAPHTA.
- Unité 900 de purification d'hydrogène.

1.7. Conclusion:

La raffinerie de Skikda de par l'ampleur de la complexité de ses installations et les énormes investissements qu'elle a exigés, joue un rôle important et stratégique dans la vie économique du pays et nécessite de ce fait, une prise de charge effective des contraintes techniques imposées par aussi bien son exploitation courante que par l'évolution des technologies.

Chapitre 2: Régulation et Instrumentation

2.1. Introduction :

A l'époque de l'automatisation, la notion de régulation suggère en langage courant des propriétés telles que la fiabilité fonctionnelle, la précision élevée, la qualité particulière ou le confort accru. Bien que le principe de la régulation trouve un champ d'application toujours plus étendu et diversifié dans les systèmes techniques de toute sorte, il ne constitue pas une invention technique. Il s'agit plutôt d'un phénomène naturel qui permet de maintenir automatiquement un état stable en dépit de l'action des perturbations externes. De nombreux processus biologiques et écologiques ainsi que sociologiques et économiques fonctionnent d'après ce principe de régulation. Parallèlement au développement pratique de la technique de régulation, l'étude théorique de cette technique a connu un développement considérable. Depuis les débuts de l'exploitation technique du principe de régulation, approximativement avec le régulateur centrifuge de la machine à vapeur de James Watt (1788), en passant par les premières descriptions mathématiques de processus de régulation au début du 20^{ème} siècle. La commande automatique s'affirme aujourd'hui comme une branche autonome majeure des sciences de l'ingénieur. La régulation (ou asservissement) consiste à agir de façon à ce qu'une mesure soit égale à une consigne. Si l'on cherche à atteindre une consigne (de position ou de température), on parlera de poursuite ou d'asservissement ; si l'on cherche à éliminer des perturbations pour qu'une valeur reste constante (ex : garder la température intérieure de la voiture constante quelle que soit la température extérieure), on parlera de régulation. L'industrie utilise à foison des systèmes d'asservissement ou de régulation : que ce soit pour gérer le débit d'un fluide dans une conduite, la température d'un produit, la hauteur d'un niveau de cuve...

2.2. Définition de la régulation :

La régulation automatique regroupe l'ensemble des moyens matériels et techniques mis en œuvre pour maintenir automatiquement (pas d'intervention Manuelle) une ou plusieurs grandeurs physiques (installation de production, robot, alimentation électronique stabilisée, etc..) en vue d'en imposer le comportement. Cette prise de contrôle s'effectue par l'intermédiaire de certains signaux (grandeurs physiques) qu'il est alors nécessaire de mesurer afin de déterminer l'action à entreprendre sur le système. Lorsque des perturbations ou un changement de consigne se produisent, la régulation automatique provoque une action correctrice sur une autre grandeur physique, parmi les grandeurs d'entrée du procédé (grandeur réglant), an de ramener la grandeur

réglée vers sa consigne initiale (cas de perturbations) ou vers sa nouvelle consigne (cas de changement de consigne c'est-à-dire changement de point de fonctionnement). Les méthodes de l'automatique offrent donc la possibilité de modifier le comportement statique et dynamique d'une grandeur physique, afin qu'elle évolue conformément aux exigences de l'application. [1]

2.2.1. L'objectif de la régulation :

Les objectifs de la régulation automatique sont :

- Mesurer.
- Comparer.
- Corriger.

Cependant, chaque procédé a ses propres exigences et chaque appareil a ses conditions de fonctionnement spécifiques. Il est donc essentiel que la régulation soit conçue pour répondre aux besoins particuliers liés à la sécurité, aux impératifs de production, et aux équipements. [2]

2.2.2. Principe de la régulation :

Pour réguler un système physique, il faut :

- Mesurer la grandeur réglée avec un capteur.
- Réfléchir sur l'attitude à suivre : c'est la fonction du régulateur. Le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande.
- Agir sur la grandeur réglant par l'intermédiaire d'un organe de réglage. [3]

2.3. Comportement en mode asservissement :

En mode asservissement, un changement de la valeur de la consigne correspond à une modification du point de fonctionnement du processus. Si le comportement en asservissement est correct, les performances dynamiques de la boucle de régulation sont conservées, même lorsqu'une perturbation se produit. [4]

2.4. Comportement en mode régulation :

En mode régulation la consigne est maintenue constante sous l'effet d'une modification (ou une variation) des entrées perturbatrices. L'aspect régulation est l'élément le plus important dans le milieu industriel, car les valeurs des consignes sont souvent fixes. Néanmoins, pour tester les performances et la qualité d'une boucle de régulation, on s'intéresse à l'aspect asservissement. [4]

2.5. Définitions d'une boucle de régulation :

La boucle de régulation, également appelée **boucle de contrôle** ou **boucle fermée**, est un concept central de la régulation industrielle. C'est un système automatisé qui permet de maintenir une grandeur physique (appelée variable contrôlée) à une valeur souhaitée (appelée consigne) en ajustant une autre grandeur physique (appelée variable manipulée) qui influence la première.

Les éléments clés d'une boucle de régulation :

- **Capteur** : Mesure la valeur de la variable contrôlée (température, pression, débit, etc.) et la transmet au contrôleur sous la forme d'un signal électrique normalisé
- **Contrôleur** : Compare la valeur mesurée par le capteur (variable contrôlée) à la valeur souhaitée (consigne) et en fonction de l'écart entre ces deux valeurs (erreur), le contrôleur calcule le nouveau signal de commande.
- **Actionneur** : Reçoit le signal de commande du contrôleur et agit sur l'installation afin d'influer sur la variable contrôlée et la rapprocher de la consigne.
- **Variable contrôlée** : La grandeur physique que l'on veut maintenir à une valeur souhaitée.
- **Consigne** : La valeur souhaitée pour la variable contrôlée.
- **Erreur** : L'écart entre la valeur mesurée de la variable contrôlée et la consigne

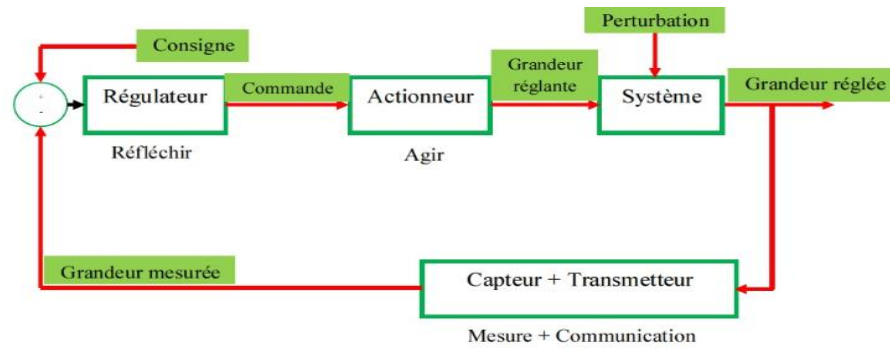


Figure 2.1 : Schéma de principe d'une boucle de régulation

2.6. Les principales grandeurs mesurées dans l'industrie :

Les principales grandeurs mesurées dans l'industrie sont :

- La pression.
- Le débit.
- Le niveau.
- La température.

Et bien d'autres grandeurs : analyse PH, O₂, conductivité

2.7. Éléments constitutifs d'une boucle de régulation :

Les éléments essentiels d'une boucle de régulation comprennent :

1. Les capteurs de mesure :

➤ Définition :

Un capteur est un dispositif qui capte une grandeur physique ou chimique, telle que la température, la pression ou le mouvement, et la convertit en un signal électrique, mécanique ou autre, qui peut être utilisé pour la surveillance ou le contrôle d'un système. [4]



Figure 2.2 : Capteur De Pression

➤ **Les types des capteurs :**

✓ **Capteurs passifs :**

Les capteurs passifs ne nécessitent pas de source d'énergie externe pour fonctionner. Ils réagissent aux stimuli en modifiant une de leurs propriétés internes, et ce changement est ensuite mesuré par un circuit externe. Voici quelques exemples de capteurs passifs : (Thermocouples, Thermistances, Capteurs piézoélectriques...)

✓ **Capteurs actifs :**

Les capteurs actifs nécessitent une source d'énergie externe pour fonctionner. Ils génèrent un signal de sortie en réponse à une stimulation externe en utilisant l'énergie fournie. Voici quelques exemples de capteurs actifs : (Capteurs à ultrasons, Capteurs optiques, Capteurs infrarouges...)

2. Les transmetteurs :

➤ **Définition :**

Dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure normalisé, récupérable par des régulateurs standards et transmissible à distance tel le 4-20mA (transmetteur de pression différentielle, convertisseur fréquence / tension...) Il est souvent intégré au capteur.

➤ **Principe de fonctionnement :**

Un transmetteur convertit une grandeur physique (comme la pression, la température, le débit, etc.) en un signal électrique pour transmission à un système de contrôle. Voici les étapes principales de son fonctionnement :

- **Détection** : Un capteur mesure la grandeur physique.
- **Conversion** : Le capteur convertit cette grandeur en un signal électrique (tension, résistance, courant).
- **Conditionnement** : Le signal est amplifié, filtré et linéarisé pour être utilisable.
- **Transmission** : Le signal conditionné est envoyé sous forme de courant (généralement 4-20 mA) ou via communication numérique à une unité de contrôle.
- **Affichage et Contrôle** : L'unité de contrôle affiche la mesure ou ajuste les processus en fonction des données reçues.

Le signal 4-20 mA est privilégié pour sa robustesse, sa capacité à détecter les défauts, et sa compatibilité avec les normes industrielles.

➤ **Les Types des transmetteurs :**

Il existe plusieurs types de transmetteurs industriels, comme :



Figure 2.3 : Trans Analogique



Figure 2.4 : : Trans Numérique



Figure 2.5 : Trans De Pression

3. Les régulateurs :

➤ Définition :

Le régulateur est une partie essentielle du système de commande, chargée de comparer le signal de mesure avec le signal de consigne. En fonction de la différence entre ces deux valeurs et selon l'algorithme de calcul pour lequel il est configuré, il génère un signal de commande destiné à la vanne pour corriger cette différence et ramener la mesure à la valeur de consigne.

Ainsi, le régulateur reçoit deux informations :

Le signal de mesure (M ou PV) provenant du capteur,

La consigne (C ou SP), qui peut être définie localement ou être externe.

En se basant sur l'écart entre le signal de mesure et la consigne, et selon l'algorithme de calcul configuré, le régulateur émet un signal de sortie (S ou OUT) vers l'actionneur. Ce signal vise à corriger l'écart et à ajuster la mesure pour qu'elle corresponde à la valeur de consigne.



Figure 2.6 : : Régulateurs De Température



Figure 2.7 : Régulateur PID

4. Les actionneurs :

➤ Définition :

Un actionneur est un dispositif qui convertit un signal de commande (généralement électrique, pneumatique ou hydraulique) en une action physique. Cette action physique peut être un

mouvement linéaire, rotatif ou une force. Les actionneurs sont utilisés dans une large gamme d'applications industrielles pour contrôler et automatiser des systèmes.

➤ **Les types des actionneurs :**

- ✓ Actionneur pneumatique.
- ✓ Actionneur électrique.
- ✓ Actionneur linéaire...



Figure 2.8 : Une Vanne Régulatrice



Figure 2.9 : Une Vanne TOR

5. Les enregistreurs :

➤ **Définition :**

Un enregistreur industriel est un appareil utilisé dans les environnements de production et de traitement pour surveiller, enregistrer et analyser les données des processus. Il est essentiel pour la maintenance préventive, la conformité réglementaire et l'optimisation des performances des installations industrielles.

➤ **Les types des enregistreurs industriels :**

Il existe deux principaux types d'enregistreurs industriels :



Figure 2.10 : Enregistreurs à diagramme



Figure 2.11 : Enregistreurs numériques

6. Les convertisseurs :

➤ **Définition :**

Les convertisseurs industriels sont des appareils utilisés pour modifier les caractéristiques d'un signal électrique ou d'un signal optique. Ils sont couramment utilisés dans les applications industrielles pour assurer la compatibilité entre différents équipements et systèmes.

➤ **Les types des convertisseurs industriels :**

Il existe de nombreux types de convertisseurs industriels, chacun ayant sa propre fonction spécifique. Parmi les types les plus courants, on trouve :




Figure 2.12 : Convertisseur électro pneumatique IP

2.8. Nature des signaux :

Les signaux reçus et transmis par le régulateur doivent être normalisés afin de permettre l'interchangeabilité du matériel. Ils peuvent être de nature différente :

- Électriques
- Pneumatiques
- Numériques Plus rarement hydrauliques

Ces signaux sont normalisés : [2]

NATURE DU SIGNAL ANALOGIQUE	SYMBOLE	VALEURS NORMALISEES LES PLUS COURANTES
non définis électriques pneumatiques numériques		4<I<20 mA 200<P<1000mb codées sur 8, 16, 32, ... bits
En électrique (intensité) : 0% échelle ----> 4 mA 100% échelle ----> 20mA		
En pneumatique (pression) : 0% échelle ----> 200 mb (3 psi) 100% échelle ----> 1000mb (15 psi)		

2.9. Qualités attendues d'une régulation :

Les qualités attendues d'une régulation, notamment dans un contexte industriel, se résument à la stabilité, la précision et la rapidité de la grandeur à réguler.

2.9.1. La Stabilité :

La stabilité est la qualité essentielle d'un système de régulation. Un système est considéré comme stable lorsque le signal de sortie se stabilise à une valeur finie. Plus le régime transitoire est amorti, plus le système est stable. L'amortissement du régime transitoire caractérise le degré de stabilité du système.

2.9.2. La Précision :

La précision d'un système régulé se mesure par l'écart entre la consigne demandée et la mesure en régime permanent de la grandeur réglée. On distingue la précision statique et la précision dynamique. La précision statique se réfère à l'écart entre la consigne demandée et la mesure en régime permanent, tandis que la précision dynamique est caractérisée par des critères tels que le dépassement. Une bonne précision est déterminée par la qualité des paramètres du système

➤ **Nature des signaux :**

Les signaux reçus et transmis par le régulateur doivent être normalisés afin de permettre l'interchangeabilité du matériel. Ils peuvent être de nature différente :

- ✓ ➤ Électriques
- ✓ ➤ Pneumatiques
- ✓ ➤ Numériques Plus rarement hydrauliques

Ces signaux sont normalisés

2.9.3. La Rapidité :

La rapidité d'un système régulé se mesure par le temps nécessaire à la mesure pour atteindre une zone $\pm 5\%$ de sa valeur finale. Un système est considéré comme plus rapide lorsque son temps de réponse à 5% est court. La rapidité est un aspect important à considérer lors du paramétrage des régulateurs, et elle est liée à la performance du système.

2.10. Les Types de la régulation :

Plusieurs types de régulation industrielle sont à distinguer. Nous citons principalement : [6]

- La régulation TOR : Tout Ou Rien (ON-OFF Control).
- La régulation MLI : Modulation de la Largeur d'Impulsion (PWM) avec PID.
- La régulation PID : Continue Proportionnelle, Intégrateur, Dérivateur.

- La régulation FUZZY : Continue PID avec l'introduction de la logique floue.
- La régulation MULTI-BOUCLES : Maître Esclave, Cascade, Rapport.
- La régulation NUMERIQUE : Modèle de référence.

2.11. La régulation PID :

Le régulateur PID est un outil incontournable pour piloter les systèmes industriels. Sa simplicité d'utilisation et sa polyvalence en font un choix privilégié pour de nombreux processus. En combinant les actions proportionnelle, intégrale et dérivée, il ajuste automatiquement la commande du système pour réduire l'écart entre la valeur mesurée et la consigne souhaitée. Son efficacité et sa robustesse en font un allié précieux pour garantir la précision, la stabilité et l'optimisation des performances industrielles. [7]

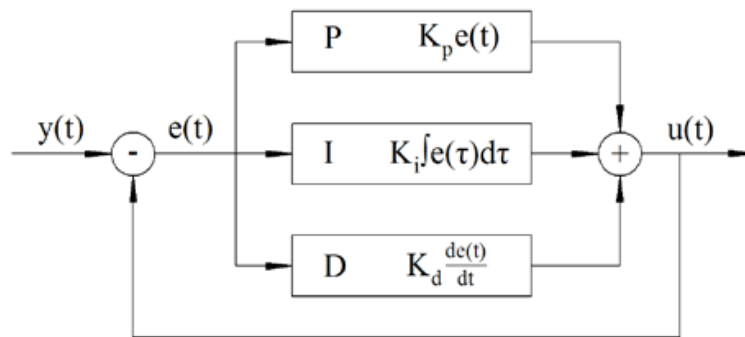


Figure 2.13 : Un Régulateur PID

2.11.1. Le régulateur proportionnel (P) :

Avec un régulateur proportionnel (P), la variable régulée est toujours directement proportionnelle à l'erreur calculée. Par conséquent, un régulateur P réagit instantanément à toute différence entre la sortie et la consigne. Le régulateur P est Plus précis et plus rapide mais risque d'avoir des oscillations importantes, voire de l'instabilité du système en BF.

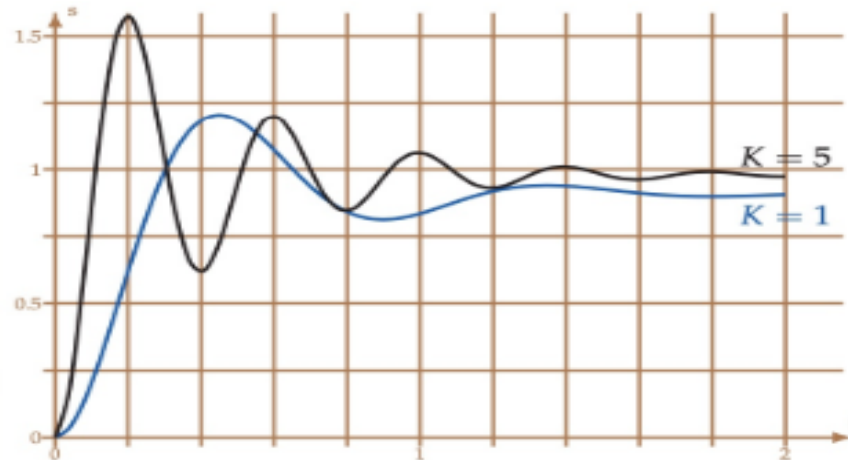


Figure 2.14 : L'effet de l'action proportionnelle(P)

2.11.2. Le régulateur intégral (I) :

Un régulateur de type intégral permet de compenser totalement une erreur de régulation constante. Tant que l'erreur persiste, la valeur de la variable régulée continue d'être ajustée. La régulation se termine soit lorsque la sortie atteint la valeur de consigne, soit lorsque la variable régulée atteint un seuil maximal fixé par les propriétés du système (U_{max} , P_{max} , etc.). Mathématiquement, ce comportement intégral signifie que la variable régulée est proportionnelle à l'intégrale de l'erreur par rapport au temps.

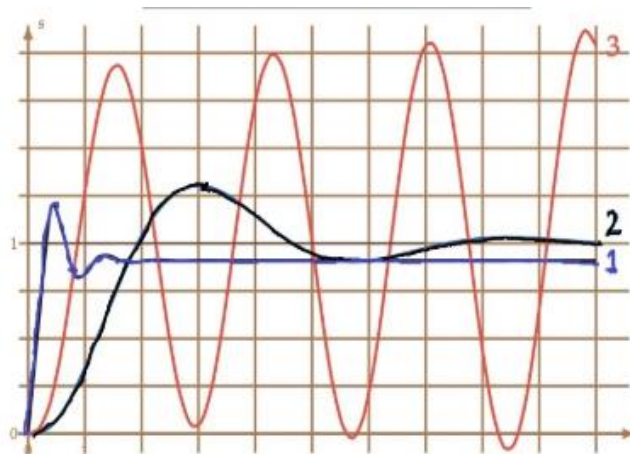


Figure 2.15 : L'effet de l'action intégrale (I)

2.11.3. Le régulateur dérivé (D) :

Un régulateur dérivé (D) réagit à la vitesse de changement de l'erreur de régulation. En d'autres termes, il ajuste la variable régulée en fonction de la dérivée de l'erreur par rapport au temps. Ainsi, le régulateur D anticipe les variations futures de l'erreur, ce qui permet de réagir plus rapidement aux changements. Ce type de régulation est particulièrement utile pour améliorer la stabilité et réduire les oscillations dans le système. Mathématiquement, cela se traduit par le fait que la variable régulée est proportionnelle à la dérivée temporelle de l'erreur.

2.11.4. Régulateur de type PI :

Le régulateur de type PI est l'un des plus couramment utilisés en pratique. Il combine de manière parallèle un régulateur proportionnel et un régulateur intégral. Lorsqu'il est correctement paramétré, le régulateur PI offre les avantages des deux types de régulateurs (stabilité, rapidité, faible erreur résiduelle) tout en compensant leurs inconvénients respectifs.

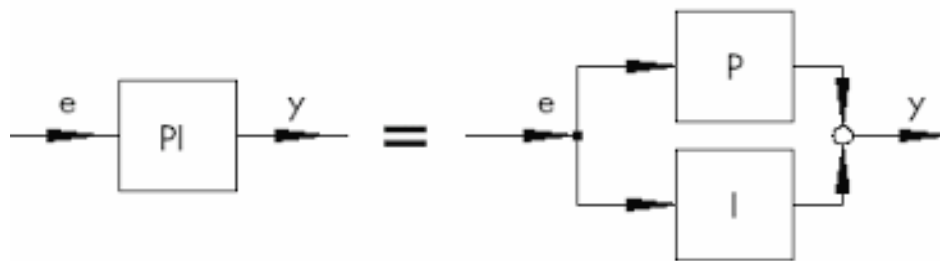


Figure 2.16 : Régulateur De Type (PI)

2.11.5. Régulateur de type PD :

Le régulateur dérivé (D) ajuste la valeur régulée en fonction de la vitesse de variation de l'erreur, contrairement au régulateur proportionnel (P) qui réagit à l'amplitude de l'erreur. Cela permet au régulateur D de réagir beaucoup plus rapidement qu'un régulateur P. Même en présence d'une petite erreur, il génère une grande valeur régulée si l'erreur varie rapidement. Toutefois, le régulateur D est inefficace face à une erreur résiduelle permanente, quelle que soit son amplitude, car une erreur constante n'entraîne pas de variation, donc aucune réaction du régulateur.

2.12. Régulation locale :

Les régulateurs locaux représentent des boucles de régulation simples. Ils sont basés en général sur un principe mécanique ou électrique. Ils permettent de contrôler localement une grandeur physique. Un procédé industriel peut comprendre plusieurs régulateurs locaux et ces derniers peuvent être répartis le long du procédé. L'opérateur, ayant pour tâche la gestion du procédé, doit manipuler ces régulateurs pour le suivi de ce dernier. Comme ces régulateurs sont directement attachés au procédé, ceci rend les réglages effectués par l'opérateur aléatoires et le fonctionnement normal du procédé difficile à atteindre. L'opérateur aura toujours à procéder à la collecte de toutes les données manuellement. [8]

2.13. Régulation pneumatique :

La mesure dans ce cas est un signal pneumatique transmise au régulateur déporté en salle de contrôle. Les signaux sont transmis à travers des buses aux régulateurs correspondants dans une même salle. Un régulateur pneumatique est composé de pièces mécaniques permettant de réaliser des calculs simples basés sur la mesure et la consigne et d'agir sur l'organe de réglage en conséquence. Cette approche centralisée entraîne une conduite et surveillance du procédé avec un nombre limité d'opérateurs. Donc, on gagne du temps et de la précision par rapport au mode de régulation précédent. A partir de la salle de contrôle, l'opérateur procède à la modification des consignes de chaque régulateur en accord avec les règles d'exploitation connues au préalable. Cependant, un arrangement est souvent trop onéreux pour permettre une réponse rapide des procédés qui sont à l'arrêt ou bien au moment du changement de la stratégie ou du mode de fonctionnement de ces derniers. Une modification de la politique de contrôle nécessite généralement un remaniement des équipements pneumatiques. [8]

2.14. Régulation électronique :

L'année 1966 a connue l'invention des régulateurs électroniques. Ces derniers sont apparus pour remplacer les dispositifs pneumatiques. Le développement de capteurs pouvant transmettre une grandeur physique sous forme électrique a permis de réaliser des montages simples des boucles de régulation. Ces derniers sont très précis et à action rapide par rapport aux précédents. De plus, ils peuvent être intégrés dans un système de boucles de régulations en interactions tels que les boucles en cascade. [8]

2.15. Étude de divers types de boucles de régulation :

2.15.1. Boucle ouverte :

En mode manuel, le régulateur ne reçoit pas de retour d'information de la grandeur à réguler, ce qui signifie que la grandeur de correction n'est pas liée à la grandeur de mesure en temps réel. Dans ce cas, la boucle est ouverte et la précision de la régulation dépend entièrement de l'expertise et de l'expérience de l'opérateur. Ce mode est souvent utilisé pour des tâches de contrôle simples et ne nécessitant pas une grande précision. [7]

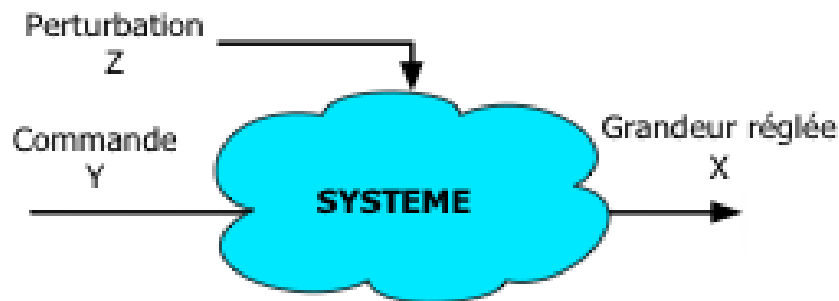


Figure 2.17 : Une Boucle Ouverte

2.15.2. Boucle fermée :

Dans une boucle fermée, la grandeur mesurée est comparée à la valeur de consigne et l'écart est utilisé pour calculer une commande de correction qui est envoyée à l'actionneur. La grandeur de la correction est donc dépendante de la grandeur de la mesure, ce qui permet de maintenir la grandeur mesurée à sa valeur de consigne malgré les perturbations. La boucle fermée est également appelée boucle de rétroaction, car elle utilise l'information de la mesure pour ajuster la commande.

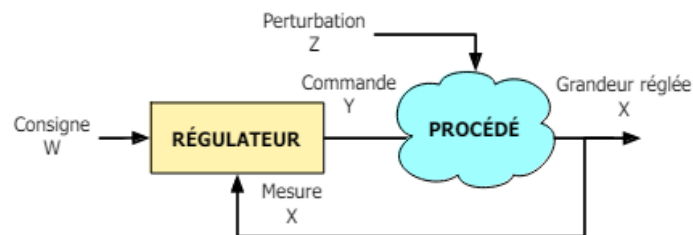


Figure 2.18 : Une Boucle Fermée

2.15.3. Boucle simple :

C'est la régulation que l'on a étudiée jusqu'à présent. La mesure est comparée à la consigne afin de calculer le signal de commande. Ce type de régulation est d'autant moins adaptée que le temps mort est grand.

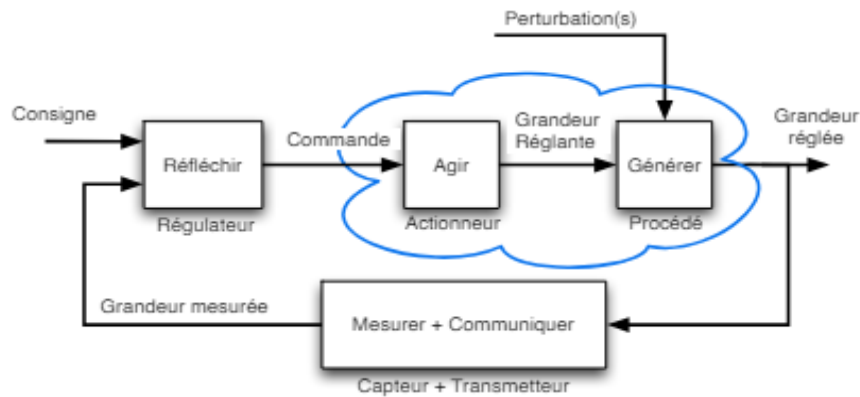


Figure 2.19 : Schéma D'une Boucle Simple

2.15.4. Boucle de régulation en cascade (cascade control) :

Une régulation cascade est composée de deux boucles imbriquées. Le système peut être décomposé en deux sous-systèmes liés par une grandeur intermédiaire mesurable. Une première boucle, la boucle esclave, a pour grandeur réglée cette grandeur intermédiaire. La deuxième boucle, la boucle maître, a pour grandeur réglée la grandeur réglée de la régulation cascade et commande la consigne de la régulation esclave.

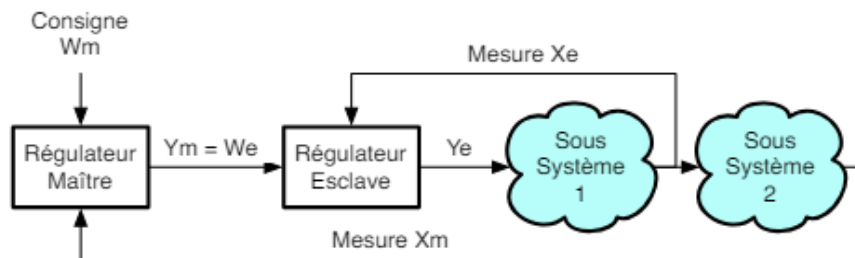


Figure 2.20 : Schéma d'une Boucle De Régulation En Cascade

2.15.5. Boucle de régulation de rapport (Ratio control) :

On utilise une régulation de rapport quand on veut un rapport constant entre deux grandeurs réglée X1 et X2 ($X2/X1 = \text{constante}$). Dans l'exemple ci-dessus, la grandeur pilote X1 est utilisée pour calculer la consigne de la boucle de régulation de la grandeur X2.

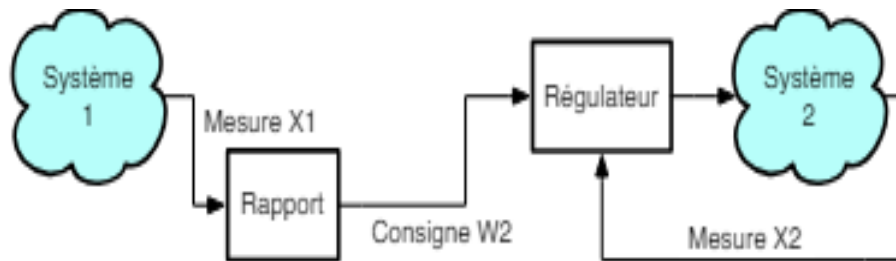


Figure 2.21 : Schéma D'une Boucle De Régulation De Rapport (Ratio Control)

2.15.6. Boucle de régulation prédictive - mixte - à priori (Feedforward) :

On utilise la mesure d'une perturbation pour compenser ses effets sur la grandeur réglée. L'opérateur K2 peut être un simple gain, un module avance/retard ou un opérateur plus complexe. Une telle boucle est utile lorsque qu'une perturbation a un poids important et que la mesure ne varie pas rapidement suite à cette perturbation.

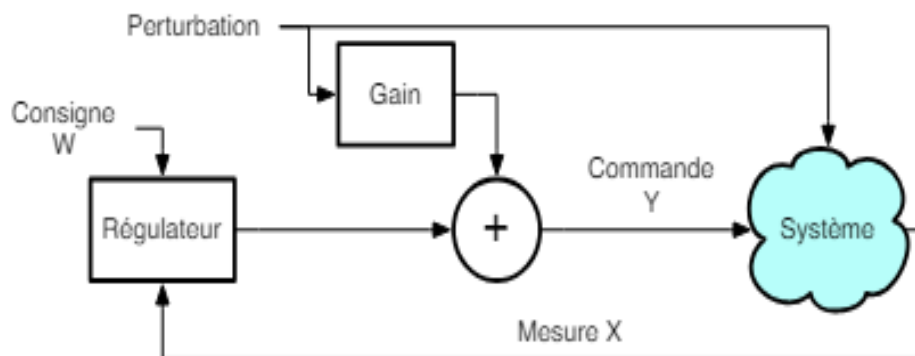


Figure 2.22 : Boucle de régulation prédictive - mixte - à priori.

2.15.7. Boucle de régulation par partage d'étendue (split-range) :

On utilise une régulation à partage d'étendue lorsque l'on désire contrôler le système à l'aide de deux jusqu'à quatre organes de réglage différents. Lors de régulation Split-Range, ces organes sont à piloter à partir d'une seule commande. Il existe des structures type « chaud froid » ou l'on doit ouvrir une vanne de froid ou de chaud suivant la commande du régulateur. Deux solutions sont possibles : - On réalise un décalage des zéros et 100% des vannes de façon à ce que la première s'ouvre à 0% et se ferme à 50% du signal, la deuxième sera fermée jusqu'à 50% puis s'ouvrira jusqu'à 100% du signal. - Ou bien, on utilise un bloc de calcul séparant la commande en deux signaux, chaque signal commandant une sortie analogique

2.15.7.1. Principe de la boucle de régulation split-range :

Cette régulation est utilisée :

- Lorsque la rangeabilité nécessaire pour une application donnée ne peut pas être obtenue avec une seule vanne.
- Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser deux grandeurs réglantes ayant des effets opposés ou complémentaires sur le procédé.

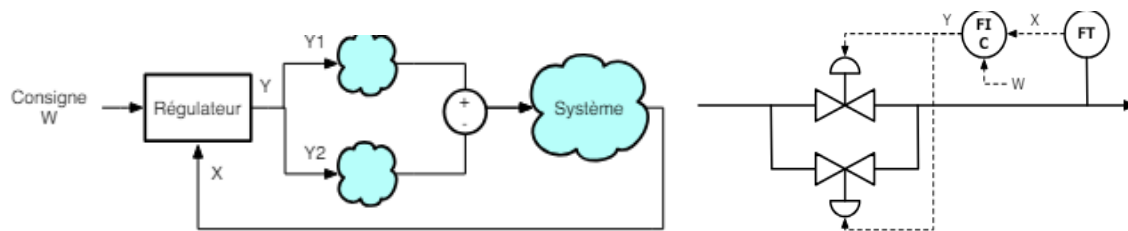


Figure 2.23 : schéma d'une boucle de régulation split range à deux vannes

2.15.7.2. Régulation Split Range Directe avec Plus de Deux Vannes :

Dans la régulation split range directe avec plus de deux vannes, la sortie du contrôleur est divisée en plusieurs plages, chacune affectée à une vanne différente. Chaque vanne s'ouvre séquentiellement dans sa plage de commande respective.

Exemple avec trois vannes (A, B et C) :

- De 0% à 50% de la sortie du contrôleur : La vanne A s'ouvre progressivement.

- De 50% à 75% de la sortie du contrôleur : La vanne B s'ouvre progressivement après que la vanne A est complètement ouverte.
- De 75% à 100% de la sortie du contrôleur : La vanne C s'ouvre progressivement après que la vanne B est complètement ouverte.

2.15.7.3. Régulation Split Range Inversée avec Plus de Deux Vannes :

Dans la régulation split range inversée avec plus de deux vannes, les vannes s'ouvrent et se ferment de manière opposée selon les plages définies.

Exemple avec trois vannes (A, B et C) :

- De 0% à 50% de la sortie du contrôleur : La vanne A s'ouvre progressivement, les vannes B et C restent fermées.
- De 50% à 75% de la sortie du contrôleur : La vanne A commence à se fermer, la vanne B s'ouvre progressivement, la vanne C reste fermée.
- De 75% à 100% de la sortie du contrôleur : La vanne B commence à se fermer, la vanne C s'ouvre progressivement.

2.15.7.4. Avantages :

- **Flexibilité** : Permet de contrôler plusieurs vannes avec un seul contrôleur, augmentant la flexibilité du système.
- **Optimisation** : Améliore l'efficacité du processus en optimisant l'utilisation des actionneurs.

2.16. Conclusion :

La régulation industrielle est cruciale pour un fonctionnement optimal des processus industriels. Elle inclut divers types, comme la régulation à rétroaction, en boucle ouverte, et split range (directe et inversée), chacune adaptée à des besoins spécifiques. La régulation split range gère plusieurs actionneurs avec une seule commande pour plus de flexibilité et de précision. Côté instrumentation, les capteurs, actionneurs et contrôleurs sophistiqués permettent une surveillance

continue et des ajustements automatiques, assurant performance, sécurité et qualité dans les industries.

Chapitre 3: Procédé Et Colonne De Distillation

3.1. Introduction :

La colonne de distillation sépare un mélange complexe en produits de compositions différentes en exploitant la différence de volatilité entre ses composants. Lorsqu'un mélange est chauffé, un équilibre thermodynamique se forme entre liquide et vapeur : la vapeur est enrichie du composant le plus volatil, tandis que le liquide contient davantage le composant moins volatil. Chaque plateau de la colonne de distillation permet cette séparation par un processus de flash répété, où les vapeurs légères montent et les liquides lourds descendent. Cette méthode progressive et efficace utilise des plateaux successifs pour améliorer la séparation, produisant des produits finaux de compositions spécifiques.

3.2. Généralité sur la distillation :

3.2.1. Définition de la distillation :

La distillation est une opération unitaire permettant de séparer les constituants d'un mélange liquide dont les températures d'ébullitions (les volatilités) de ces constituants sont différentes. [9]

Cette technique repose sur la vaporisation partielle du liquide suivie d'une condensation de la vapeur ainsi formée. Il résulte:

- **Distillat:** vapeur condensée riche en composé le plus volatil.
- **Résidu :** liquide pauvre en composé le plus volatil.

On distingue deux procédés de distillation:

- Distillation simple (flash) mono-étage.
- Distillation fractionnée (multi-étages)

Ces deux procédés peuvent être continus ou discontinus.

On fera appel à la distillation sous vide lorsqu'on aura à distiller un mélange contenant des produits instables thermiquement ou des produits très peu volatils.

3.2.2. Le principe générale de la distillation :

La distillation est une technique de séparation des liquides basée sur leur différence de volatilité, c'est-à-dire leur aptitude à se transformer en gaz. Elle repose sur le principe que chaque liquide a une température d'ébullition spécifique, qui correspond à la température à laquelle sa pression de vapeur saturante devient égale à la pression atmosphérique.

L'élément clé de la distillation est la colonne à distiller, une colonne verticale garnie de plateaux et de différents éléments qui favorisent le contact entre la vapeur et le liquide. [10] [11]

- **Fonctionnement :**

- Le mélange à séparer est introduit dans le bouilleur, situé à la base de la colonne.
- Le bouilleur est chauffé, ce qui provoque l'ébullition du mélange.
- Les vapeurs des constituants les plus volatiles, ceux ayant une température d'ébullition plus basse, s'élèvent dans la colonne.
- En montant dans la colonne, les vapeurs rencontrent les plateaux et garnitures.
 - ✓ Sur ces plateaux, les vapeurs se condensent puis se réchauffent.
 - ✓ Ce contact favorise un échange de chaleur et de matière entre la vapeur et le liquide qui s'écoule sur les plateaux en sens inverse.
 - ✓ Les constituants moins volatiles, ayant une température d'ébullition plus élevée, se condensent et retombent dans le bouilleur.
- Les vapeurs les plus volatiles continuent leur ascension dans la colonne et s'échappent par le haut, collectées dans un condenseur.
- Dans le condenseur, les vapeurs sont refroidies et se condensent à nouveau en liquide, donnant le distillat.

- **Applications:**

La distillation est une technique largement utilisée dans de nombreux domaines, notamment :

- Industrie chimique: production de solvants, parfums, produits pharmaceutiques, etc.

- Agroalimentaire: distillation de l'eau, production d'alcools, d'huiles essentielles, etc.
- Pétrochimie: raffinage du pétrole, production de carburants, etc.
- Laboratoire: purification de produits chimiques, analyse de mélanges, etc.

A. Avantages:

- ✓ Technique efficace pour séparer des liquides miscibles.
- ✓ Permet d'obtenir des produits purs.
- ✓ Peut être réalisée à différentes échelles.

B. Inconvénients:

- ✓ Nécessite un appareillage spécifique (colonne à distiller).
- ✓ Peut-être un processus énergivore.
- ✓ Ne convient pas aux mélanges contenant des solides.

3.2.3. Les modes de distillation :**3.2.3.1. la distillation continue:**

La distillation continue est un processus de séparation efficace utilisé pour distiller des mélanges liquides en produisant des distillats légers. Ce système en équilibre massique et thermique permanent permet aux composés les plus volatils de se vaporiser et de s'enrichir en montant dans la colonne, tandis que la phase liquide descend en s'enrichissant en éléments lourds. L'efficacité de la séparation dépend du nombre de plateaux ou de la hauteur de la colonne, visant à trouver un compromis entre rendement et coût. Cependant, la distillation continue présente des limites pour séparer des produits avec des écarts de température d'ébullition inférieurs à 1 degré. Les rejets générés par ce procédé sont traités en fonction de leur composition, avec une incinération pour les parties non récupérables et un traitement biologique pour les rejets fortement aqueux.

3.2.3.2. la distillation discontinue :

En distillation discontinue, le mélange à séparer est introduit dans un réservoir situé au fond de la colonne, appelé bouilleur, où il est chauffé. Contrairement à la distillation continue, les produits les plus légers sont récupérés en premier dans le condenseur en tête de colonne. Au fur et à mesure du passage des différents composés légers, la température en haut de colonne augmente progressivement. À la fin de l'opération, seul le résidu lourd reste au fond de la colonne. Comme pour la distillation continue, il est très difficile d'estimer précisément le coût de ce procédé en raison de la grande variété des mélanges pouvant être traités. De même, les rejets non récupérables sont généralement incinérés dans un centre de traitement adapté, tandis que les rejets fortement aqueux sont envoyés dans un réseau de traitement biologique [12]

3.2.4. Les types de la distillation :

Les différents types de distillation jouent des rôles cruciaux dans diverses industries et processus de laboratoire en fonction des propriétés des mélanges à séparer. Voici une vue détaillée des principaux types de distillation et de leurs applications :

- **Distillation Simple :**

La distillation simple est une technique de séparation de mélanges de liquides. Elle utilise des différences de points d'ébullition pour isoler les composants.

- **Distillation Fractionnée :**

La distillation fractionnée est une technique plus complexe utilisée pour séparer des mélanges de liquides avec des points d'ébullition proches. Elle utilise une colonne de fractionnement avec des plateaux pour améliorer la séparation, enrichissant progressivement la vapeur en composant le plus volatil. Cette méthode est essentielle dans des industries comme le raffinage du pétrole, mais nécessite un contrôle précis de la température et de la pression.

- **Distillation atmosphérique :**

La distillation atmosphérique du pétrole brut est un processus essentiel dans l'industrie du raffinage. En chauffant le pétrole brut à environ 400°C, les différents composants sont séparés en fonction de leur température d'ébullition. Ce processus permet de produire une gamme de produits pétroliers essentiels tels que les gaz combustibles, le GPL, le naphta, le kérosène et le diesel.

Chaque produit est récupéré à des hauteurs spécifiques dans la colonne de distillation en fonction de son poids moléculaire. Les résidus atmosphériques restants subissent ensuite une distillation sous vide pour une séparation plus poussée. La distillation atmosphérique constitue ainsi la première étape cruciale pour obtenir les divers produits pétroliers qui seront ensuite utilisés dans de nombreuses applications industrielles et commerciales. Le résidu peut être utilisé directement dans la fabrication de fuels lourds commerciaux ou subir une nouvelle distillation appelée distillation sous- vide. Par des soutirages latéraux, placés aux bons endroits tout au long de la hauteur de la colonne, on recueille en tête de colonne la fraction la plus légère contenant des gaz liquéfiés et du naphta, ensuite un peu plus bas du kérosène, du gasoil léger, des gasoils moyen et lourd et enfin du résidu atmosphérique [13]

Distillation du pétrole brut

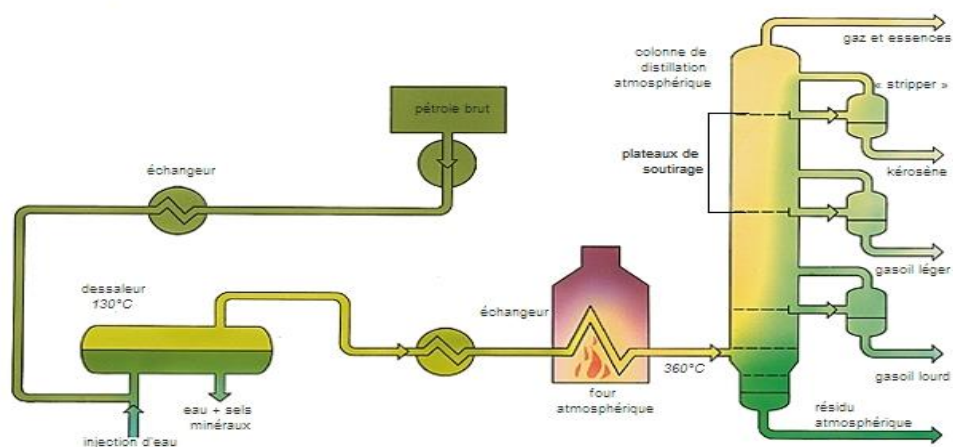


Figure 3.1 : Distillation Atmosphérique [13]

- **Distillation Sous Vide :**

La distillation sous vide réduit la pression pour distiller des substances à des températures plus basses, minimisant la décomposition thermique. Elle est utile pour des produits sensibles à la chaleur, comme des produits pharmaceutiques et des arômes, et permet une distillation à température réduite. Cependant, elle nécessite des équipements spécifiques et est plus coûteuse et complexe.

- **Distillation Azéotropique :**

Cette méthode est utilisée pour séparer des mélanges qui forment des azéotropes, c'est-à-dire des mélanges qui bouillent à une température constante et dont la composition de la vapeur est la même que celle du liquide. Pour briser cet azéotrope, un troisième composant (appelé agent de séparation) est ajouté, modifiant les interactions moléculaires et permettant la séparation par distillation.

- **Distillation Extractive :**

Cette méthode ajoute un solvant (appelé entraîneur) au mélange à séparer, formant un nouvel azéotrope avec un ou plusieurs constituants. Cela permet de récupérer les éléments complémentaires dans le résidu.

- **Distillation à la Vapeur :**

La distillation à la vapeur est une technique utilisée pour séparer des composants non volatils ou sensibles à la chaleur en injectant de la vapeur d'eau dans le mélange. Cette technique est fréquemment utilisée pour l'extraction d'huiles essentielles et de parfums à partir de plantes.

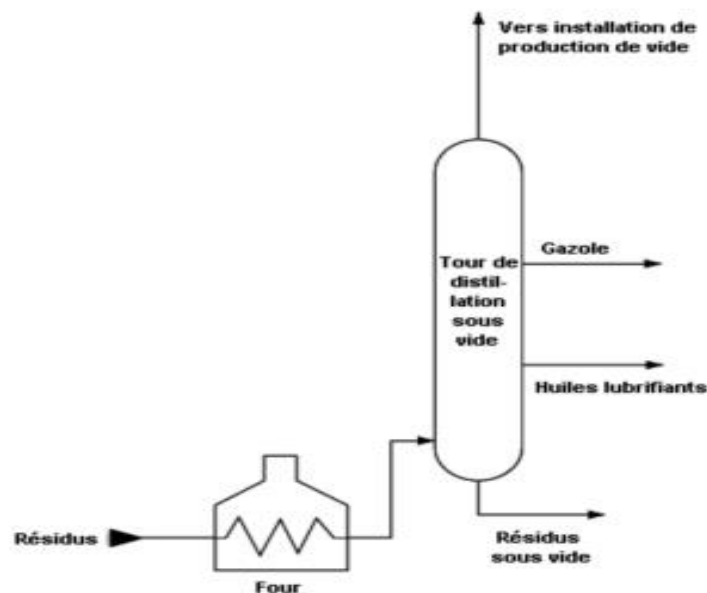


Figure 3.2 : Distillation Sous Vide

3.3. La colonne de distillation :

3.3.1. La définition de la colonne de distillation :

Les colonnes de distillation, également appelées colonnes de rectification, sont des éléments essentiels de l'alambic. Elles séparent un mélange en chauffant et en refroidissant. Les colonnes de distillation permettent des échanges de matière et d'énergie entre la phase gazeuse et la phase liquide. Elles sont fabriquées sur mesure et peuvent atteindre des dimensions variées. Les internes peuvent être de trois types : technologie à plateaux, garnissage structuré ou vrac. Les colonnes de distillation sont utilisées dans la chimie, la chimie fine, l'extraction, la fabrication des engrais et la séparation des masses.

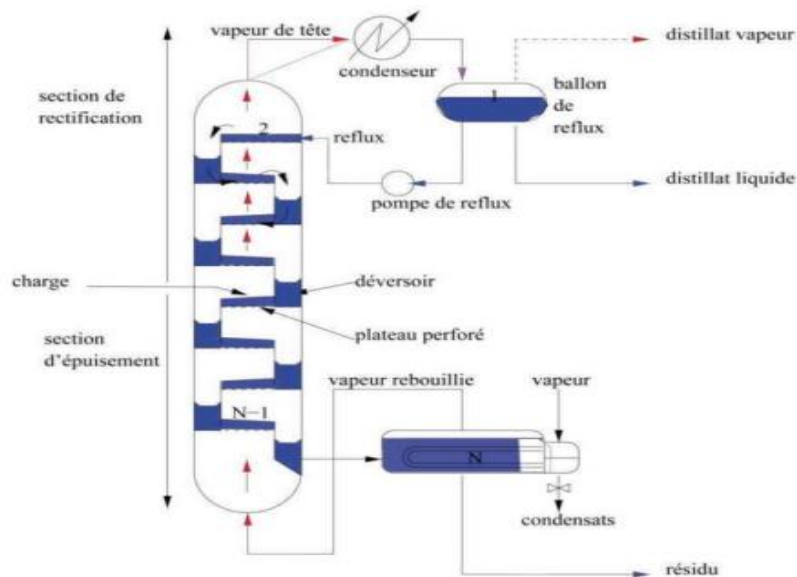


Figure 3.3 : schéma générale d'une colonne de distillation

3.3.2. les principaux composants de la colonne de distillation :

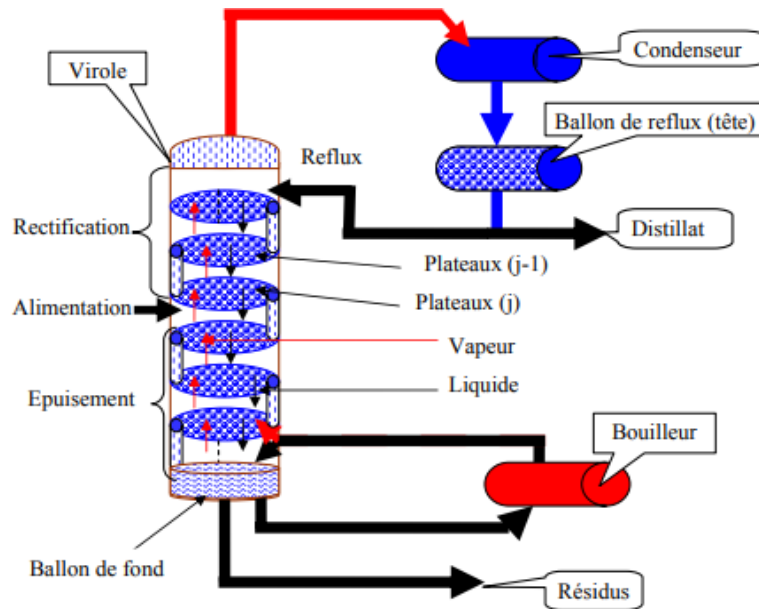


Figure 3.4 : Description De La Colonne De Distillation

A. La virole :

La virole est l'enveloppe de la colonne, un corps cylindrique en tôles d'acier soudées qui doit résister aux efforts de pression, de dilatation et éventuellement aux efforts du vent et aux séismes. Elle peut être constituée de sections de différents diamètres pour s'adapter aux variations de débit et de propriétés physiques du flux de vapeur. [14]

B. Les fonds :

La colonne de distillation comporte deux fonds, supérieur et inférieur, qui peuvent prendre des formes elliptiques ou sphériques. Les fonds sphériques sont moins épais que les elliptiques. Les fonds sont généralement soudés à la virole, mais peuvent être rapportés avec des brides boulonnées pour des diamètres inférieurs à 1,5 mètres. Le métal utilisé pour les fonds est le même que celui de la virole, offrant une homogénéité de résistance mécanique et de compatibilité chimique avec les produits traités.

C. Ballon de tête et Ballon de fond :

On dispose en haut et en bas de deux ballons contenant des quantités du liquide nettement plus importantes que sur les plateaux :

- Grâce au ballon de tête, on peut augmenter le débit de reflux. Donc les débits internes de liquide augmentent.
- Par représentation du contenu du ballon de fond, on peut augmenter les débits internes de la vapeur.

Pour disposer à tout instant de ces retenues, on règle les niveaux du liquide dans les deux ballons.

D. Les plateaux

Le plateau est l'élément actif de la colonne, il a pour fonction la mise en contact de la phase liquide et de la phase gazeuse de façon à amener celles-ci le plus près possible de l'état d'équilibre. [12]

Chaque plateau est alimenté à la fois par la phase vapeur sortant du plateau inférieur et par la phase liquide sortant du plateau supérieur [12] [15]

Le long de la colonne de distillation, les constituants d'un mélange initial vont se déplacer en masse d'une phase à une autre tel que le liquide descend de plateau en plateau et sous l'effet de chaleur, les produits les plus volatils se vaporisent. Pour se faire, on utilise directement l'énergie de pression de la vapeur pour disperser les phases l'une de l'autre. Il existe donc deux types de dispositifs utilisés :

- Une dispersion du gaz dans une phase liquide continue qui correspond aux colonnes à plateaux.
- Une dispersion du liquide dans une phase gazeuse continue qui correspond aux colonnes à garnissage [16]

A part ces quelques dispositifs particuliers, ils peuvent se ranger en deux grandes catégories :

- Les plateaux à courants croisés avec trop-plein.
- Les plateaux à contre-courant sans trop-plein.



(a) : Plateau à courants croisés.

(b) : Plateau à contre-courant.

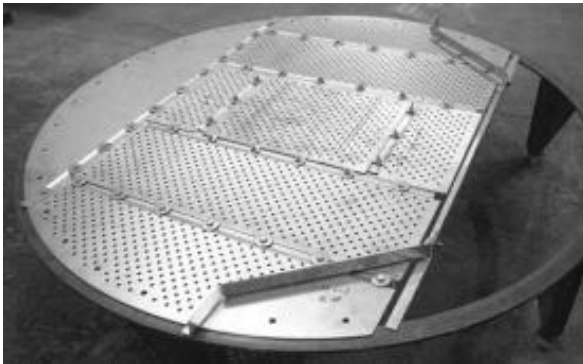
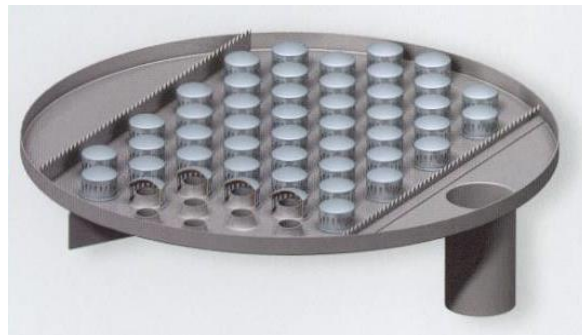
Figure 3.5 : Type de plateaux d'après l'écoulement des phases.

Dans les plateaux à courants croisés, la phase gazeuse ascendante traverse le liquide qui se déplace horizontalement sur le plateau. Le liquide s'écoule par gravité d'un plateau à l'autre par une conduite (trop-plein). Les plateaux à contre-courant, ne comportent pas un barrage de sortie ni un trop-plein. Le liquide et la vapeur s'écoulent par les mêmes orifices.

- **Les types des plateaux**

On a plusieurs type des colonnes à plateaux tels que :

- Plateaux perforés : les plus courants, équipés de trous.
- Plateaux à calottes : munis de déversoirs pour le liquide.
- Plateaux à soupapes : régulent le débit de liquide et de vapeur.
- Plateaux à tunnels ou à fentes : augmentent la surface de contact.
- Plateaux Kühni : avec déversoirs centraux.
- Plateaux à clapets : ferment les trous aux faibles vitesses vapeur.
- Plateaux à cloches : forcent une entrée horizontale de la vapeur.
- Plateaux à siphons : évitent les remontées de vapeur.

**Figure 3.6 : Plateaux à cloches****Figure 3.7 : Plateaux perforés****Figure 3.8 : Plateaux à soupapes**

E. Les contacteurs liquides vapeur :

Les unités de distillation peuvent comporter divers appareils. L'appareil spécifique est constitué d'un contacteur liquide-vapeur dont la diffusion à contre-courant instaure les phases liquide et gazeuse et le phénomène qui régit la distillation. Le transfert de matière et de chaleur s'établit au moyen du dispositif de contact qui engendre la surface d'échange entre les deux phases (liquide-vapeur). Le contact est effectué par une série d'éléments actifs qui sont les plateaux et les garnissages dans un but d'effectuer un transfert de masse entre ces deux phases. Cet élément reçoit en effet deux alimentations : un liquide descendant et une vapeur ascendante.

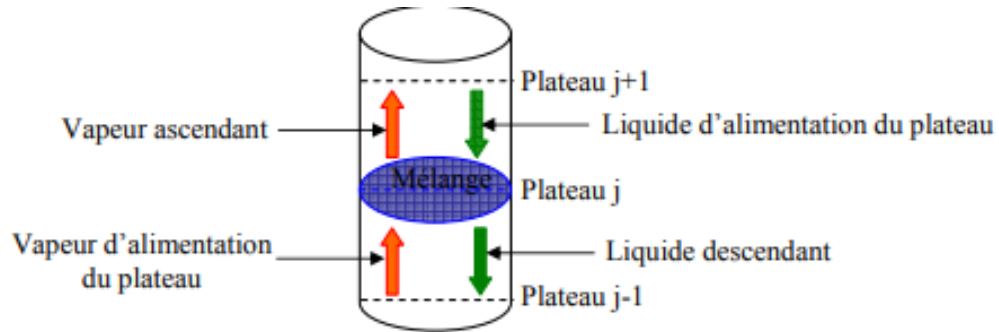


Figure 3.9 : Contact liquid vapeur

F. Les garnissages :

Le garnissage est déposé sur toute la section de la colonne soit en vrac soit donné en fraction. Il existe plusieurs garnissages qui diffèrent par la forme et les matériaux de construction. Les deux phases liquide et vapeur circulent en : co-courant, contre-courant, et courant croisé ; le liquide ruisselle sur les éléments du garnissage formant un film qui est léché par la phase gazeuse.

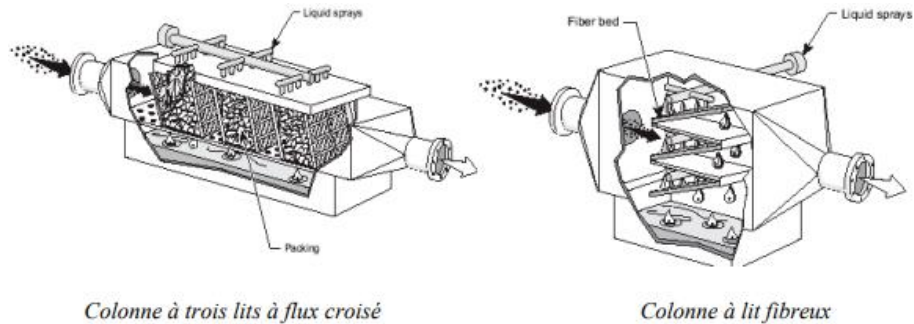


Figure 3.10 : Colonnes à garnissage à flux croisé.

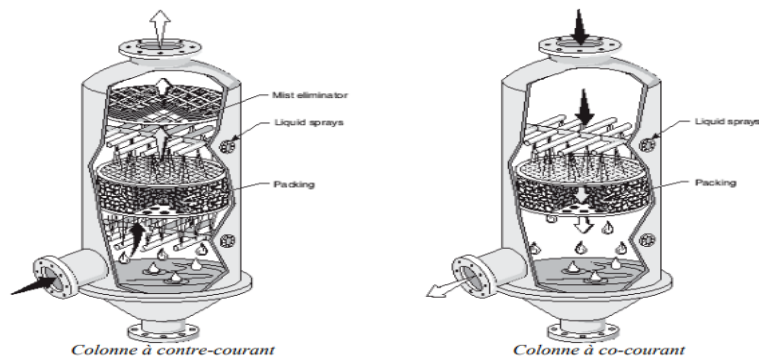


Figure 3.11 : Différents arrangements de distribution des phases dans les colonnes à garnissage.

3.3.3. Les appareils d'échange thermique

La colonne de distillation comporte deux appareils d'échange thermique, le rebouilleur et le condenseur qui ont pour rôle d'engendrer les débits de liquide et de vapeur.

3.3.3.1. Le rebouilleur

Il est constitué d'un ballon dans lequel la charge à séparer est placée en début de la manipulation. Il y a différents types de rebouilleurs :

- **Rebouilleur type Kettle :**

Ce rebouilleur vaporise partiellement le liquide du fond de colonne et réalise la séparation des phases obtenues.

- **Rebouilleur à thermosiphon :**

Vertical Dans ce type de rebouilleur, le liquide du fond de colonne circule naturellement vers le rebouilleur dans lequel il est partiellement vaporisé.

- **Rebouilleur oncethrough :**

Prélevé sur le dernier plateau, le liquide passe en une fois à travers le rebouilleur, les phases liquides et vapeur sont séparées au fond de la colonne.

- **Rebouilleur par four :**

Poussé par une pompe, le liquide de fond de colonne est partiellement vaporisé dans les tubes du four.

3.3.3.2. Le condenseur

Le condenseur est un appareil d'échange thermique où la condensation est un procédé de changement de phases, il permet d'obtenir le flux liquide. Il a pour rôle de condenser totalement ou partiellement les vapeurs de tête de la colonne de manière à disposer du reflux qui permet d'initier le courant liquide sur les plateaux. Les condensations les plus souvent rencontrées sont :

- **Condensation totale :**

Le liquide provenant de la condensation des vapeurs de tête se partage entre le débit de reflux et celui du produit de tête .Dans ce type de condensation, il n'y a pas de dégazage.

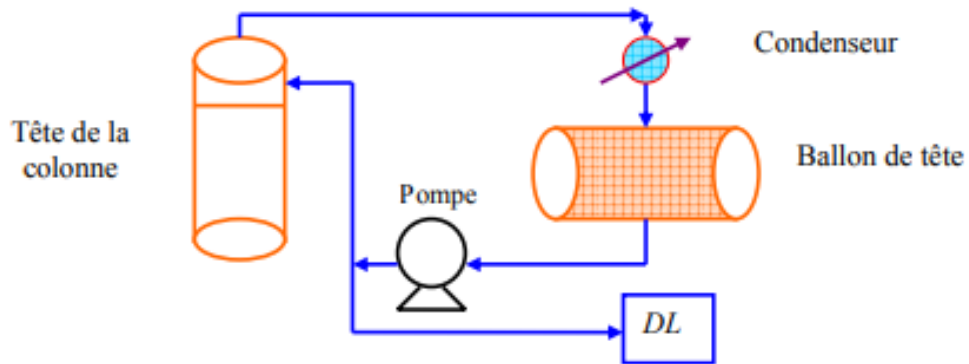


Figure 3.12 : Condensation total

- **Condensation partielle :**

Une partie des vapeurs de tête non condensées, constitue le distillat gazeux. Les parties condensées se répartissent entre le reflux externe et le distillat liquide. Dans le cas d'une condensation partielle avec produit de tête totalement condensé qui est montrée par la figure IV. .b, seule la fraction vapeur correspondant au reflux externe est condensée.

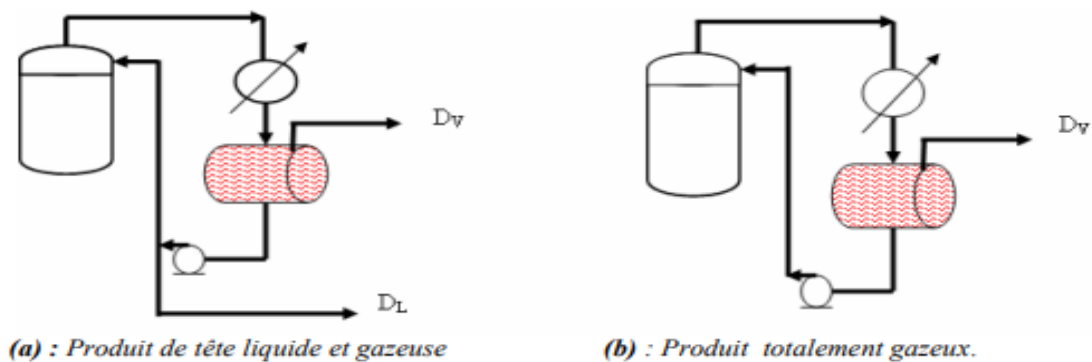


Figure 3.13 : Condenseur Partielle

3.3.4. Principe de fonctionnement des colonnes de distillation :

La colonne de distillation est un équipement industriel vertical utilisé pour séparer les différents composants liquides d'un mélange en les chauffant et en les vaporisant, puis en les condensant en

fonction de leurs températures d'ébullition respectives. Le mélange est introduit dans la partie supérieure de la colonne, où il est chauffé pour se vaporiser. Les vapeurs remontent alors dans la colonne et rencontrent des plateaux de refroidissement, où elles se condensent pour former un liquide appelé le distillat. Les composants les plus volatils se condensent en haut de la colonne, tandis que les moins volatils se condensent en bas. Cela permet une séparation efficace des différents composants du mélange initial.



Figure 3.14 : Une Colonne De Distillation Dans la RA1K

3.3.4.1. Une comparaison entre les colonnes à plateaux et à garnissages

Voici un tableau comparatif entre les colonnes à plateaux et les colonnes à garnissages :

Table 3.1 : Comparaison Entre la colonne à plateaux et à garnissage.

Aspect	Colonnes à plateaux	Colonnes à garnissages
Structure	Plateaux horizontaux à intervalles réguliers.	Matériaux de garnissages (anneaux, corps...etc).
Mécanisme de séparation	Par étapes, interaction sur chaque plateau.	Continu, contact constant à travers le garnissage.
Efficacité de séparation	Bonne pour flux important et différences de température.	Meilleure pour mélanges avec différence de composition moindres.
Coût initial	Plus élevé.	Moins élevé.
Maintenance	Complexe.	Encrassement du garnissage possible.
Perte de charge	Potentiellement plus élevées.	Souvent plus faible
Applications	Raffinage du pétrole, mélanges complexes.	Chimie fine, distillation continue.

3.4. La Distillation dans l'unité 10 dans la raffinerie de Skikda

Le brut introduit dans l'unité est fractionné après un procès de distillation dans plusieurs coupes.

Les produits obtenus peuvent constituer la charge pour d'autres installations ou bien être envoyés directement dans les réservoirs de stockage comme produits finis.

3.4.1. Unité 10 de distillation atmosphérique

Peut être divisée en huit sections :

- Circuit de préchauffage du brut.

- Colonne de distillation atmosphérique C1 et ses reflux.
- Produit de tête de la colonne C-1 (Circuit des essences totales).
- Prélèvements latéraux de la colonne C-1 (kérosène, gasoil lourd et léger).
- Produit de fond de la colonne C1 (résidu atmosphériques).
- Module de récupération du gaz de torche GTK.
- Section de traitement des eaux acides.
- Système d'injection des produits chimiques anticorrosion.

Circuit de préchauffage du brut :

La charge de l'unité est aspirée par les pompes MP-28 A/B/C à partir des bacs de brut 600 S-1/S-2/S-3. D'abord préchauffée à travers les tubes des échangeurs E-107-05 A/B (Brut / 2^e prélèvement latéral de la colonne C-1), elle pénètre ensuite dans le dessaleur V-51 pour y être lavée par de l'eau des sels et des éventuels sédiments qu'elle peut contenir. Une fois lavé, le brut passe dans les tubes des échangeurs E-2 A : H où il est chauffé par le produit de tête de la colonne C-1.

Le brut entre ensuite dans le ballon de flash V-1 au niveau duquel la pression est contrôlée par le PIC-1 et le niveau par le LRC-2. Les produits de tête alimentent la colonne C-1 à la hauteur de la zone de flash tandis que le liquide accumulé au fond du ballon est aspiré par les pompes booster MP-1 A/B/C et est envoyé à travers la seconde partie du train d'échange. Celle-ci est constituée par les E-3 A/B (Brut côté calandre / 3^e prélèvement latéral de la colonne C-1), les E-4 A/B (Brut côté calandre / Résidu atmosphérique), le E-5 (Brut côté tubes / Pump-around supérieur) et les E-6 A/B (Brut côté calandre / Pump-around inférieur). Le brut sortant des E-6 A/B alimente ensuite en parallèle les fours F-1 A et F-1 B (8 passes par four) où il passe d'abord par la zone de convection, puis par la zone de radiation. Dans la haute section de convection est installé un serpentin de sur-chauffage de la vapeur basse pression qui est utilisée comme vapeur de stripping dans la colonne C-1 et les strippers C-3 A et C-4 A. Chaque four comporte 32 brûleurs répartis sur deux chambres de combustion et pouvant être alimentés par du gaz naturel ou par du gaz combustible de la raffinerie.

Le débit de chacune des huit lignes est contrôlé par les FRC-2 A : H pour le four F-1 A et par les FRC-2 I:S pour le four F-1 B tandis que le débit total est contrôlé par le FRC-2 situé sur la ligne de refoulement des pompes MP-1 A/B/C.

La température du brut sortant des deux fours est contrôlée par les TRC-13 et TRC-15 agissant respectivement en cascade sur les PIC-5 et PIC-11 situés sur les lignes de fuel gaz aux brûleurs. La température de la vapeur LS sortant des fours est contrôlée quant à elle par le TIC-12 pour le F-1 A et le TIC-14 pour le F-1 B.

3.4.2. Colonne de distillation atmosphérique C1

Après avoir été chauffé à travers le train d'échange, le brut rejoint le produit de tête du ballon V-1 pour alimenter la zone de flash de la C-1 entre le 5^{ème} et le 6^{ème} plateau qui en comporte 52. Le fractionnement est réalisé grâce au contact intime entre les vapeurs montantes et le liquide descendant par effet de condensation et de vaporisation successive.

Pour favoriser la vaporisation en fond de colonne, de la vapeur surchauffée (basse pression) y est injectée. De même, afin d'assurer la condensation des vapeurs montantes du fond de colonne et d'éviter tout échauffement excessif de celle-ci, des reflux ont été disposés :

- **reflux de tête :**

Les vapeurs de tête (essences totales et vapeur d'eau) sont d'abord partiellement condensées à travers les E-2 A : H. Le mélange vapeur/liquide pénètre ensuite dans le ballon de reflux V-2 dont le niveau est contrôlé par le LIC-6. Le liquide accumulé au fond de celui-ci est envoyé par la pompe MP-2 A ou la TP-2 B vers la tête de colonne pour y maintenir une température constante contrôlée par le TRC-16 qui agit en cascade sur le FRC-40 contrôlant le débit de reflux. La fraction gazeuse est envoyée quant à elle vers le second étage de condensation pour alimenter ensuite la colonne de stabilisation C5.

- **Produit de tête de la colonne C-1 (Circuit des essences totales) :**

Après avoir été séparée de la fraction liquide dans le ballon de reflux V-2, la fraction gazeuse passe par les aéroréfrigérants EA-1 1 :24 et par les refroidisseurs à eau E-7 A/B pour y être condensée. Le mélange vapeur/liquide entre alors dans l'accumulateur V-3. La partie non condensée est envoyée vers le module de récupération des gaz de torche (GTK) ou vers le Blow

down tandis que l'essence accumulée au fond du V-3 est envoyée par la pompe MP-3 A ou B comme charge à la colonne de stabilisation C-5.

La pression du V-3 est contrôlée par le PRC-15 (split range) et le niveau par le LIC-8 qui agit en cascade sur le FRC-52 contrôlant le débit à la C-5. Le ballon V-3 dispose également d'un mamelon dans lequel l'eau condensée est collectée et aspirée par la pompe MP-26 A ou B pour être transférée à l'installation de traitement des eaux acides. Le débit étant contrôlé par l'instrument LdC-9.

3.5. Conclusion

La colonne de distillation est un pilier de nombreux procédés industriels. Son efficacité et sa capacité à séparer des mélanges complexes en font un outil indispensable pour la production de nombreux produits chimiques fins. L'optimisation de son fonctionnement et l'innovation dans ses technologies restent des domaines de recherche actifs pour répondre aux besoins croissants de l'industrie et le marché.

**Chapitre 4: Système De Contrôle Distribué
YOKOGAWA CS3000**

4.1. Introduction

YOKOGAWA est un leader mondial dans l'industrie de l'automatisation et du contrôle, avec une large gamme de solutions pour divers secteurs. Parmi ses produits phares, on trouve les systèmes de contrôle distribués (DCS) et les séries CS1000 et CS3000. YOKOGAWA fut le premier à lancer le concept SNCC, en 1975, véritable révolution technologique à l'époque. Depuis cette date, la gamme CENTUM a considérablement évolué, en intégrant les dernières technologies disponibles. La version la plus récente, CENTUM CS 3000, est la 6ème depuis la création du concept. Plus de 10 000 systèmes CENTUM ont été installés dans le monde depuis 1975, pour automatiser les procédés les plus variés, dans les conditions les plus extrêmes, faisant de CENTUM un leader incontesté sur le marché des systèmes. Les systèmes CENTUM CS et CENTUM CS 3000 sont sur le marché depuis plus de 10 ans et sont utilisés avec succès sur de nombreuses applications stratégiques et critiques.

4.2. Historique de YOKOGAWA

YOKOGAWA a été fondée en 1915 par Tamisuke YOKOGAWA, un ingénieur électricien qui avait auparavant travaillé pour la marine japonaise. L'entreprise a commencé comme fabricant de compteurs électriques et s'est ensuite étendue à d'autres domaines de l'instrumentation et du contrôle. La première percée majeure de YOKOGAWA a eu lieu dans les années 1950 avec le développement du DCS (Distributed Control System), qui a révolutionné la façon dont les processus industriels étaient surveillés et contrôlés. Depuis lors, YOKOGAWA n'a cessé d'innover et de développer de nouvelles technologies pour l'industrie de l'automatisation industrielle.

4.2.1. Évolution des systèmes de commande de YOKOGAWA :

Le CENTUM CS a deux gammes : - CS 1000 pour les petites et moyennes applications (1000 E/S). - CS 3000 pour les moyennes et grosses applications. Le premier DCS YOKOGAWA (le CS 3000) introduit en Algérie est celui installé au niveau de Hassi R'mel en 2003.

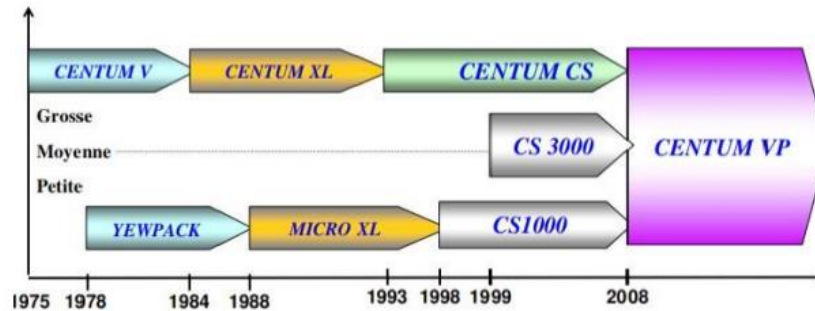


Figure 4.1 :Évolution des systèmes de commande de YOKOGAWA [18]

4.3. Le DCS YOKOGAWA

4.3.1. Définition sur le DCS YOKOGAWA

Le DCS YOKOGAWA, également connu sous le nom de CENTUM, est une solution de contrôle de processus complète et évolutive. Un DCS ou un SNCC est un système qui permet à la fois la supervision et le contrôle en temps réel de procédé industriel. La supervision consiste à traduire l'état de chaque instrument existant sur le site sous des formes différentes et les associes à des vues ou à des fenêtres descriptives à fin d'avoir sur HIS un site animé en temps réel et cela pour but de pouvoir donner à l'opérateur la possibilité de surveiller le site et de faire les interventions nécessaires au moment demandé(changer la consigne d'un PID ,le mode Auto\Man, l'acquittement des alarmes...etc.) [3]

4.3.2. Historique du DCS

Avant l'avènement des Systèmes de Contrôle Distribué (DCS), la gestion des procédés industriels a connu une succession de systèmes de contrôle de différentes générations :

1. **Contrôle manuel** : L'opérateur assumait la responsabilité de la boucle de contrôle en manipulant directement l'organe de commande.
2. **Régulateurs pneumatiques locaux** : L'opérateur intervenait indirectement en définissant un point de consigne au régulateur local présent sur site.
3. **Régulation pneumatique centralisée** : Le pilotage du procédé s'effectuait depuis la salle de contrôle par l'opérateur.

4. **Régulateurs électroniques analogiques et numériques** : L'évolution de l'électronique a permis la conception de régulateurs électroniques à boucle simple et de capteurs capables de convertir toutes les grandeurs physiques en grandeurs électriques.

Système d'acquisition de données DAS : Ce système offrait des fonctionnalités d'animation graphique, d'historique, de tendance et de journalisation. La fonction de contrôle était assurée par des régulateurs simples à boucle unique.

Système de contrôle distribué DCS : Face à la complexité croissante des procédés industriels et à la répartition des équipements sur le site, l'architecture des systèmes de contrôle a évolué vers une architecture distribuée. C'est ainsi que sont nés les Systèmes de Contrôle Distribué (DCS).

4.3.3. : Description du DCS :

Le DCS bien plus qu'un simple système, est une intelligence collective qui anime les industries modernes. Dévoilons les rouages de cette mécanique fascinante :

A. les capteurs et actionneurs :

Ces sentinelles disséminées à travers l'usine collectent des informations vitales sur l'état des machines et transmettent les données au cœur du système. Tel un système nerveux étendu, ils permettent au DCS de percevoir et de comprendre son environnement.

B. les automates programmables (PLC) et régulateurs :

Ces automates intelligents analysent les données des sentinelles et prennent des décisions rapides pour ajuster les processus. Ils constituent les noyaux autonomes qui permettent au DCS de réagir en temps réel et de maintenir un fonctionnement optimal.

C. les interfaces opérateurs :

Écrans, souris et claviers constituent le pont entre l'homme et la machine. Les opérateurs interagissent avec le DCS, visualisent les données et peuvent intervenir si nécessaire, assurant ainsi un contrôle humain crucial.

D. la station de travail ingénieur :

C'est le sanctuaire où les ingénieurs configurent, programment et supervisent le DCS. Véritable cerveau central, la station de travail permet d'affiner et d'optimiser le système pour une performance maximale.

E. Le réseau neuronal : le bus de communication :

Ce réseau vital relie tous les composants du DCS, assurant un flux constant d'informations. Tel un système nerveux numérique, il permet au DCS de coordonner ses actions et de maintenir une cohérence optimale. Les instruments de terrain sont connectés à des modules d'entrée/sortie (E/S) situés dans des armoires à côté des contrôleurs. Ces derniers sont mis en réseau à l'aide de divers protocoles de communication tels que Ethernet, Modbus ou un protocole propriétaire.

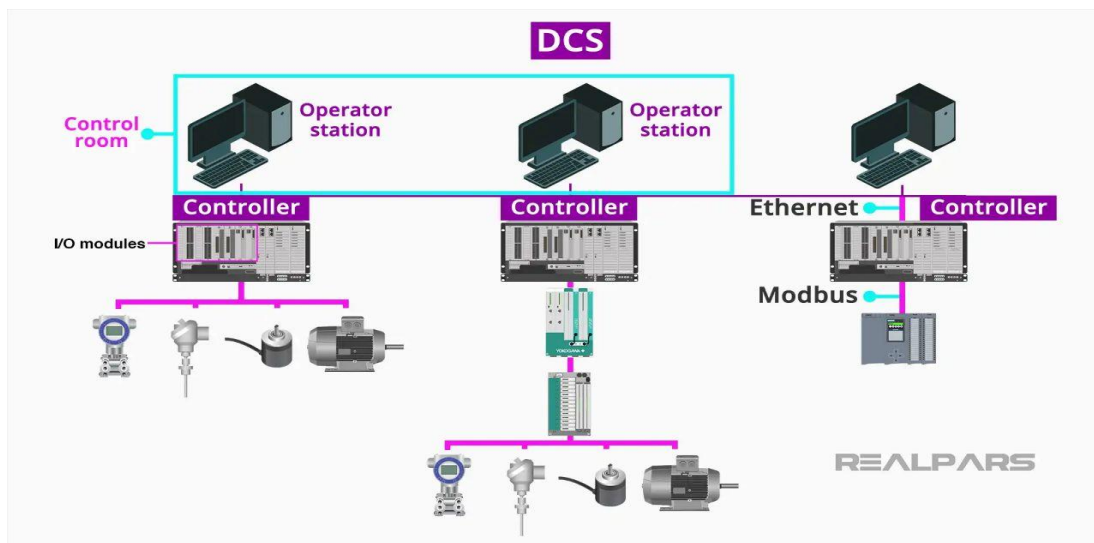


Figure 4.2 : Description du DCS [19]

4.3.4. Les caractéristiques du DCS :

Système de contrôle distribué (DCS : Distributed Control System) présente les principales caractéristiques suivantes :

- ✓ Il est composé de plusieurs contrôleurs répartis dans l'installation, à la différence des systèmes de contrôle centralisés qui n'ont qu'un seul contrôleur central.
- ✓ Les contrôleurs distribués commandent les différentes sous-unités ou sous-systèmes de l'installation globale.

- ✓ Il est principalement utilisé dans les industries de procédés continus (raffinage, pétrochimie, cimenterie, etc.) ou par lots (pharmacie, agroalimentaire, etc.) nécessitant une gestion complexe.
- ✓ Il offre une grande fiabilité et la capacité de gérer des régulations complexes grâce à des outils de configuration et de développement sophistiqués.

En résumé, le DCS est un système de contrôle-commande industriel décentralisé, fiable et adapté aux procédés complexes, qui se distingue des systèmes centralisés traditionnels.

4.3.5. Architecture d'un Système de Contrôle Distribué (DCS) :

Un Système de Contrôle Distribué (DCS) est une architecture de contrôle industriel composée de plusieurs unités autonomes reliées entre elles par un réseau de communication. Cette architecture offre une flexibilité et une évolutivité accrues, permettant de gérer des processus industriels complexes de manière efficace et fiable. Les composants clés d'une architecture DCS incluent :

- **Contrôleurs d'automatisation:** Ces unités intelligentes collectent des données provenant de capteurs et d'autres instruments, exécutent des algorithmes de contrôle et commandent des actionneurs pour réguler les processus industriels.
- **Stations d'opérateur:** Elles fournissent aux opérateurs une interface homme-machine (IHM) pour surveiller et contrôler le système, visualiser les données en temps réel, modifier les paramètres de contrôle et consigner les événements.
- **Réseau de communication:** Il assure la liaison entre les contrôleurs, les stations d'opérateur et d'autres périphériques du système, permettant l'échange de données et de commandes.
- **Serveurs d'application:** Ils exécutent des logiciels de supervision, d'analyse et d'archivage des données, offrant des fonctionnalités avancées pour la gestion du système et la prise de décision.

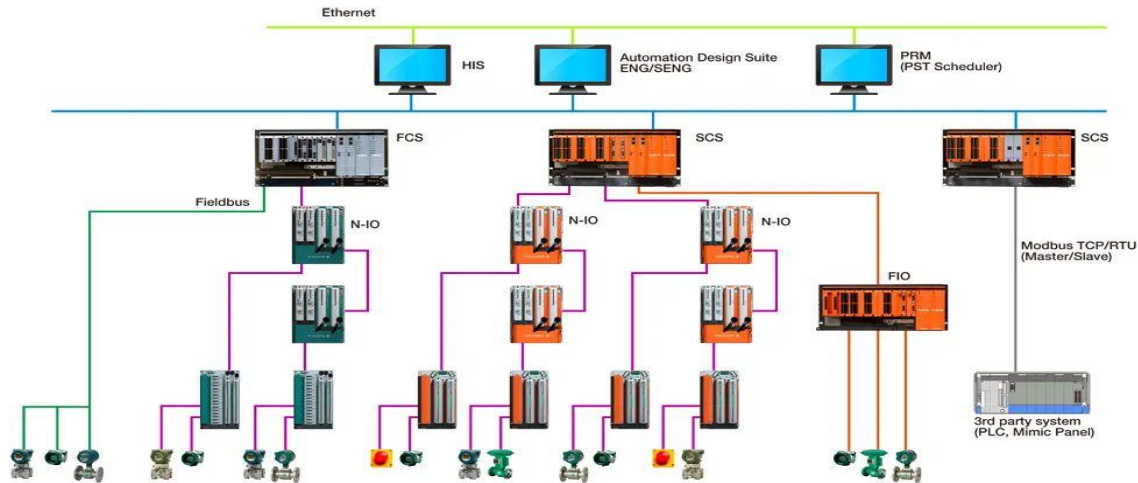


Figure 4.3 : Architecture Du DCS [20]

4.3.5.1. Les caractéristiques d'une architecture DCS:

Les principales caractéristiques d'une architecture DCS sont :

- **Distribution:** Les composants du système sont répartis physiquement, permettant une gestion efficace de processus étendus et une meilleure résistance aux pannes.
- **Modularité:** L'architecture DCS est modulaire, permettant d'ajouter ou de retirer facilement des composants pour répondre aux besoins évolutifs des processus industriels.
- **Redondance:** Des systèmes redondants sont souvent intégrés pour assurer une continuité opérationnelle en cas de défaillance d'un composant.
- **Communication standardisée:** Les protocoles de communication standardisés, tels que Profibus, Modbus ou Ethernet/IP, permettent une interopérabilité entre les équipements de différents fournisseurs.

4.3.5.2. Les avantages de l'architecture DCS :

- Amélioration de la performance des processus: Le contrôle précis et la gestion optimisée des processus permettent d'accroître la productivité, la qualité et l'efficacité énergétique.
- Meilleure visibilité et contrôle: Les systèmes DCS offrent une visibilité complète sur l'état du processus et permettent un contrôle précis des paramètres opérationnels.
- Facilité de maintenance et de diagnostic: L'architecture modulaire et la redondance facilitent la maintenance et le diagnostic des pannes, réduisant les temps d'arrêt non planifiés.
- Scalabilité et flexibilité: L'architecture DCS est évolutive et peut s'adapter à des besoins industriels changeants, en intégrant facilement de nouveaux équipements ou fonctionnalités.

4.3.5.3. Les applications des systèmes DCS :

- Industries de procédés: Pétrole et gaz, produits chimiques, agroalimentaire, pharmaceutique, etc.
- Production d'énergie: Centrales électriques, barrages hydroélectriques, éoliennes, etc.
- Manufactures: Automobile, aérospatiale, sidérurgie, etc.
- Infrastructures: Traitement de l'eau, des eaux usées, gestion du trafic, etc.

4.4. Le système CENTUM CS3000 :

Le système de contrôle-commande numérique conçu par YOKOGAWA marque une avancée significative dans l'adoption des systèmes DCS. Il intègre les dernières technologies sur une architecture ouverte et modulaire tout en assurant une compatibilité totale avec les générations précédentes et une fiabilité légendaire. Voici ses principales caractéristiques :

- Il combine la souplesse et la fiabilité des précédents systèmes CENTUM avec la convivialité d'un PC.

- Il offre une facilité d'utilisation avec des fonctions de contrôle avancées et un excellent rapport coût/performance, idéal pour les environnements industriels exigeants.
- Son architecture ouverte utilise des interfaces standardisées pour faciliter l'intégration de sous-systèmes variés et la création d'interfaces utilisateur performantes.
- Il permet une exploitation par multi-fenêtrage, facilitant l'accès aux différentes vues d'exploitation depuis les postes de conduite, qui peuvent être bi-écrans.
- La station de contrôle (FCS) intègre des fonctions pour le contrôle continu ou par batch, avec une redondance assurée par le système "pair and spare" pour une disponibilité totale.
- L'ingénierie est optimisée grâce à des outils simplifiés et des bibliothèques réutilisables, réduisant ainsi le temps et les coûts de développement des applications.

Le contrôleur CENTUM CS 3000 utilise l'architecture unique "Pair and Spare" avec une redondance pour les processeurs, les E/S, les bus de communication et les alimentations électriques, garantissant des niveaux de fiabilité et de disponibilité exceptionnels. Cette technologie permet d'atteindre une disponibilité opérationnelle statistiquement de sept 9, soit 99.9999953%, équivalant à environ une minute d'arrêt sur 40 ans d'exploitation.

Le CENTUM CS3000 est composé de deux parties : Hardware et Software

4.4.1. Architecture hardware du système cs3000

Le système CENTUM cs3000 est constitué de quatre éléments principaux :

- Les fonctions d'exploitation et de surveillance.
- Les fonctions d'ingénierie.
- Les fonctions de contrôle.
- Un système de communication réseau .

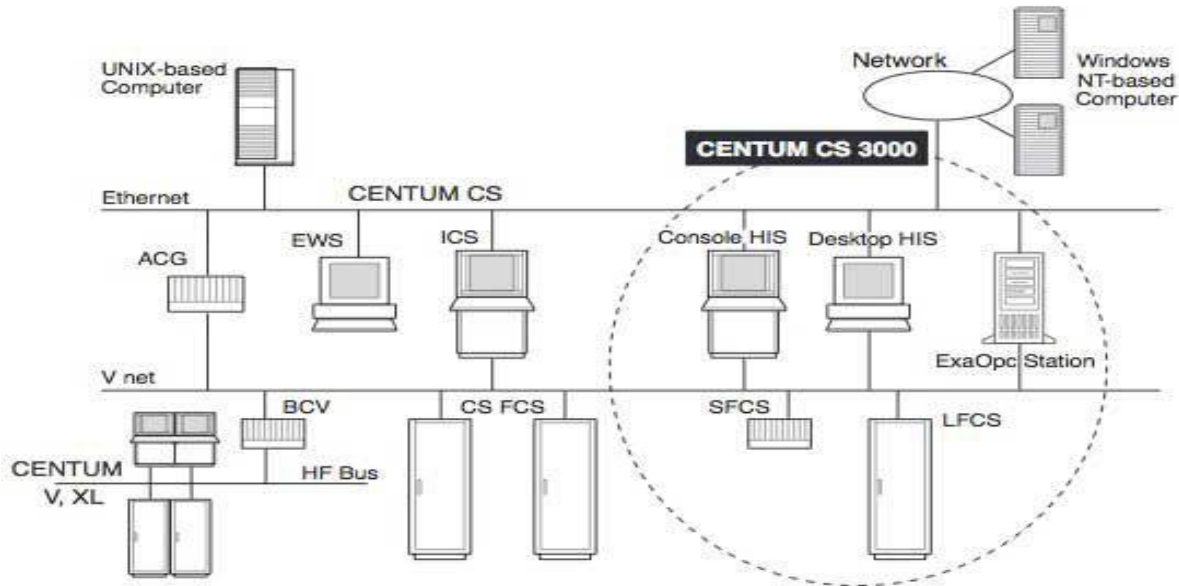


Figure 4.4 : Système CENTUME CS3000

4.4.1.1. station interface homme-machine HIS (humane interface station)

Dans le système CENTUM CS 3000, l'interface principale homme-machine est la Station d'Exploitation (SE), permettant aux opérateurs de superviser et contrôler le système en temps réel. La SE offre plusieurs fonctionnalités essentielles :

- Affichage des alarmes et événements en cours, ainsi que leur historique, pour une identification rapide des problèmes.
- Visualisation des tendances et graphiques des variables du processus pour comprendre le comportement du système.
- Contrôle manuel du système en cas de besoin.
- Configuration du système, incluant la modification des paramètres de contrôle et la gestion des points de données.

En complément de la SE, le CENTUM CS 3000 peut intégrer d'autres interfaces homme-machine comme :

- Stations d'ingénierie (IE) : Offrant des fonctionnalités avancées pour la configuration et le dépannage, y compris la modification du code de contrôle.

- Terminaux portables : Permettant la surveillance et le contrôle du système depuis divers points de l'usine.

La configuration spécifique de l'interface homme-machine dans un système CENTUM CS 3000 est adaptée aux besoins particuliers des utilisateurs, facilitant la gestion et l'optimisation des opérations industrielles.

Caractéristiques de l'HIS :

- **Environnement matériel :**
 - PC Pentium.
 - Disque dur Mini: 20 Go.
 - Mémoire : 256 Mo.
 - Deux liaisons séries.
 - Une liaison parallèle.
 - Résolution graphique: 1280 1024, 256 couleurs.
 - Carte de couplage au V-NET (VF 701).
 - Clavier opérateur.
 - Carte Ethernet 100 Mb/s.
- **Environnement logiciel :**
 - System exploitation Windows 2000 , Windows NT, Windows XP.
 - Fonctions d'exploitation et de conduite.
 - Fonctions de configuration.

4.4.1.2. station de contrôle FCS (Field control station)

Les stations de contrôle FCS (Field Control Stations) constituent l'élément central du système CS 3000, garantissant sa fiabilité, ses performances et ses fonctionnalités avancées. Elles reposent sur une technologie éprouvée de redondance "pair and spare", appliquée à l'ensemble du système, de l'unité centrale aux modules d'entrées/sorties en passant par le bus de communication. Cette architecture procure une disponibilité maximale et une grande ouverture du système.

- Fonctionnalités principales:
 - ✓ Exécution des fonctions de contrôle (régulation et séquençage)
 - ✓ Traitement des algorithmes de contrôle
 - ✓ Exécution des programmes utilisateur
 - ✓ Communication avec les modules d'entrées/sorties
 - ✓ Échange de données avec les autres stations et sous-systèmes du réseau
 - ✓ Flexibilité de configuration:

Il existe deux types de FCS pour répondre à divers besoins applicatifs :

- LFCS standard : Cette option offre une capacité d'application élevée et utilise des entrées/sorties à distance connectées par le bus RIO. Elle est adaptée aux applications complexes nécessitant de nombreuses entrées/sorties réparties sur une grande zone.
- SFCS "tout en un" : C'est une station compacte avec une capacité d'application inférieure, regroupant tous les composants dans un seul module. Elle convient aux applications moins exigeantes en ressources, offrant une solution compacte et économique.

La différence principale entre ces deux types de FCS réside dans leur capacité d'application : la LFCS est plus puissante et adaptée aux applications complexes et étendues, tandis que la SFCS est plus légère et économique, idéale pour des applications simples à moyennes.

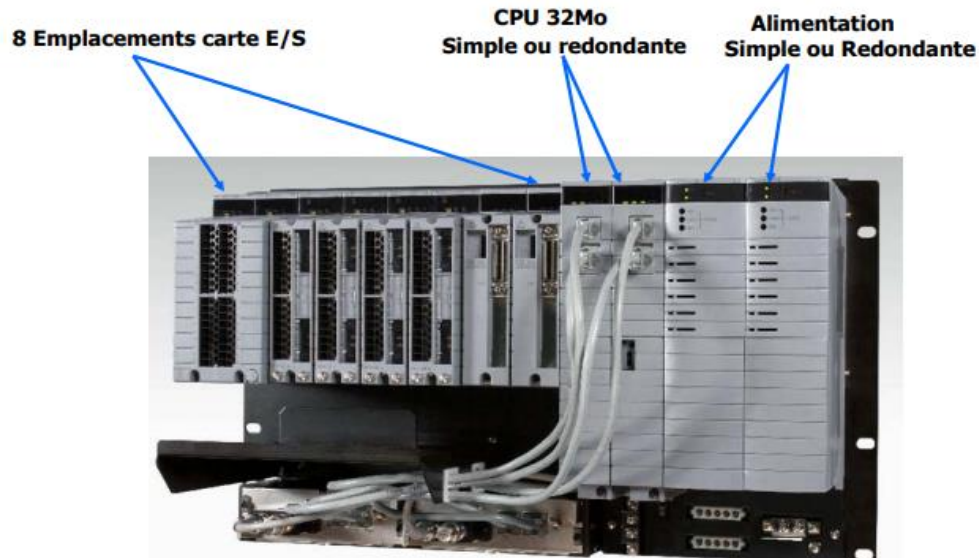


Figure 4.5 : Architecture De FCS

4.4.1.3. Les Constructions De FCS :

- **La redondance de l'unité centrale :**

Elle est réalisée grâce au système « pair and spare ».

Double carte processeur pour plus de sûreté : le système utilise deux cartes processeurs : une principale et une autre de secours (stand-by).les deux effectuent les memes calculs en parallèle et permettent un basculement transparent en cas de problème.

- **La technologie de pair and spare**

Le système FCS standard utilise deux CPU redondantes pour garantir la continuité du traitement et la précision des calculs.

1. Fonctionnement:

- Deux CPU identiques: Elles effectuent les mêmes calculs de contrôle, l'une étant active et l'autre en veille.
- Synchronisation permanente: Les deux CPU sont synchronisées pour garantir la cohérence des données.

- Comparaison des résultats: À chaque cycle d'écriture, les deux CPU comparent leurs résultats.
- Résultats cohérents: Les calculs sont considérés comme exacts et les données sont envoyées aux cartes de sortie.
- Résultats incohérents: Les calculs sont considérés comme erronés. L'UC maître envoie un signal à l'UC esclave qui devient alors l'UC maître. Un message d'alarme est envoyé au système de contrôle industriel (ICS).
- Autodiagnostic: La carte CPU qui a détecté l'erreur effectue un auto-diagnostic. Si aucune anomalie n'est détectée, l'erreur est considérée comme transitoire et la carte passe en état de réserve.

2. Avantages de la redondance des CPU:

- Pas d'interruption du traitement: Le système continue de fonctionner même si une CPU tombe en panne.
- Transfert sans à-coups: Le basculement entre les CPU est transparent pour le système.
- Remplacement en ligne: Une CPU défectueuse peut être remplacée sans arrêter le système.

A. l'unité de contrôle FCU :

l'unité de contrôle FCU est le cerveau du système, responsable de son pilotage.

• Fonctionnement :

- Processeur RISC puissant: Au cœur de l'unité se trouve un processeur RISC (Reduced Instruction Set Computer) conçu pour des performances élevées.
- Exécution des fonctions de contrôle: Le processeur exécute les programmes de contrôle qui gèrent le fonctionnement du système.
- Communication avec les capteurs et les actionneurs: L'unité de contrôle communique avec les capteurs pour recueillir des données sur l'état du système et envoie des signaux aux actionneurs pour contrôler les différents éléments.

B. L'unité d'interface des nœuds (NIU)

L'unité d'interface des nœuds (NIU) est le lien entre les capteurs et les actionneurs du système et l'unité de contrôle FCU.

• Composition :

- Deux cartes d'alimentation redondantes PWR 401: Elles fournissent une alimentation fiable à l'ensemble de l'unité.
- Deux cartes de communication RIO BUS esclave RB 401: Elles permettent la communication entre la NIU et l'unité de contrôle FCU.
- Dispositif de traitement du signal: Il traite les données provenant des capteurs et envoie des signaux aux actionneurs.
- Connecteurs de liaison avec l'armoire FRIC (field relay interface cabinet): Ils permettent la connexion à l'armoire FRIC, qui regroupe les relais et autres composants de terrain.

• Fonctionnement :

- Réception des données des capteurs: La NIU reçoit les données des capteurs qui surveillent l'état du système.
- Traitement des données: Le dispositif de traitement du signal traite les données des capteurs et les convertit en un format utilisable par l'unité de contrôle FCU.
- Transmission des données à l'unité de contrôle FCU: Les données traitées sont envoyées à l'unité de contrôle FCU via les cartes de communication RIO BUS esclave.
- Réception des instructions de l'unité de contrôle FCU: La NIU reçoit des instructions de l'unité de contrôle FCU.
- Envoi des signaux aux actionneurs: La NIU envoie des signaux aux actionneurs en fonction des instructions de l'unité de contrôle FCU.

C. Le RIO (Remote Input Output) BUS:

Liaison entre les équipements du système de contrôle :

- **Bus d'E/S déporté RIO :**
 - Connecte l'unité FCU (contrôleur principal) aux nœuds (capteurs, actionneurs).
 - Peut-être redondant pour plus de fiabilité.
 - Sa longueur peut être étendue à l'aide de répéteurs de liaisons par fibre optique.
- **Bus de terrain bidirectionnel :**
 - Relie les stations FCS (Field Control Stations) aux instruments de terrain.
 - Les FCS existent en deux types :
 - LFCS (Local Field Control Station) : compatible avec le protocole Field bus et accepte les E/S à distance.
 - PFCS (Process Field Control Station) : offre des fonctions de contrôle, d'E/S et d'interface avec les sous-systèmes dans une unité compacte.
 - Le bus de terrain permet la communication bidirectionnelle entre les FCS et les instruments.
- **Les caractéristiques**
 - Support : paire torsadée ou fibre optique
 - Distance Max : 750 m électrique, 20 km électrique + fibre optique
 - Vitesse de transmission : 2 Mb/s
 - Nombre de nœuds Max : 8
 - Nombre d'unités d'E/S par nœud : 5

D. Unités d'entrées/sorties :

- **Boîtiers d'entrées/sorties (E/S) pour les stations de contrôle FCS :**

Ces boîtiers regroupent des modules d'E/S qui assurent les fonctions suivantes :

- Interface entre les signaux industriels du procédé et la station de contrôle FCS.
- Conversion des signaux industriels en signaux numériques (acquisition) et inversement (commande).

4.4.1.4. Modules d'entrées/sorties :

Les modules d'entrées: convertissent les signaux procédés en données numériques avant leur traitement par la station FCS.

Les modules de sorties: convertissent les données numériques de la station FCS en signaux analogiques ou logiques et émettent les signaux de sorties.

4.4.1.5. les réseaux de communication

Le système CS3000 a deux réseaux de communication :

- V-NET : Réseau de contrôle en temps réel .
- E-NET : Réseau LAN interne (compatible Ethernet).

A. Réseau V-net : Connexion des systèmes de contrôle en temps réel :

Le réseau V-net sert de lien crucial entre les contrôleurs de vol (FCS) et d'autres stations critiques (HIS, EWS, etc.) au sein d'un système de contrôle en temps réel. Ce réseau dédié forme des domaines distincts, regroupant toutes les stations qui y sont connectées. Sa fonction essentielle est de garantir trois types de communication :

- **Communication lecture/écriture** : Permet l'échange de données en temps réel entre les stations, assurant une synchronisation continue des informations critiques.
- **Communication par message** : Facilite la transmission de messages structurés entre les stations, permettant la coordination d'actions et la gestion d'événements spécifiques.
- **Transmission de liaison** : Assure la transmission de données à haute vitesse (entre 100 ms et 2 s) pour les applications critiques nécessitant un temps de réponse minimal.

- **Caractéristiques du réseau V-NET :**

- Type de bus : JETON
- Vitesse : 10 Mb/s
- Longueur : 50 m à 20 km

B. Réseau LAN : Connexion HIS et EWS pour la gestion des données

Le réseau LAN joue un rôle essentiel dans la connexion des systèmes d'information hospitaliers (HIS) et des systèmes d'alerte précoce (EWS), permettant ainsi :

- **Transfert de fichiers de configuration :** Mise à jour et distribution des paramètres de configuration critiques pour les systèmes HIS et EWS.
- **Transfert de données :** Échange fluide de données entre les systèmes, comme la liaison du PC du laboratoire avec la base de données CS 3000, garantissant un accès continu aux informations vitales.
- **Acquisition de données du procédé, messages et données historiques :** Collecte et centralisation des données du processus, des messages et des données historiques en provenance des systèmes HIS et EWS, facilitant l'analyse et le suivi des opérations.

Caractéristiques de la liaison Ethernet :

- Protocole: IEEE 802.3
- Débit: 10 Mb/s
- Protocole de communication : TCP/IP FTP

4.4.2. Aspect logiciel(software) :

Chaque fonction du CENTUM CS est associée à un configurateur dédié (builder) :

- Synoptiques
- Touches de fonction du clavier opérateur
- Historique

- Algorithmique.

Les structures informatiques sont transparentes à l'utilisateur et l'adressage des variables se fait par un nom symbolique.

4.4.2.1. Configuration d'un système :

Configurer un système consiste à créer l'ensemble des données nécessaires à la gestion de ce système. Ces données sont :

- Relatives aux abonnés (ICS(s), FCS(s),...) du système ;
- Générées dans des fichiers
- Regroupées sous un « projet » identifié par son nom. La configuration est réalisée à partir de logiciels appelés configureurs (builders) et regroupés en quatre familles principales :
 - System builder
 - ICS builder and operator utility
 - FCS builder
 - System common builder.

4.4.2.2. Le logiciel Builder (System View):

C'est un ensemble de softwares (package) permettant la configuration de l'ensemble des stations faisant parti du DCS YOKOGAWA. Il existe sous deux versions :

- Sous Unix (Centum CS).
- Sous Windows (CS 3000, CS 1000).

Parmi les softwares (packages) utilisés, on peut citer :

- Common builder.
- FCS builder.
- HIS builder

4.4.2.3. logiciel Common builder:

C'est un ensemble de softwares (packages) permettant la configuration des parties communes d'un projet .

4.4.2.4. FCS builder:

Configuration logicielle de la FCS :

Famille : FCS builder

Nom : Area common

Rôle : Définition des valeurs communes à une zone :

- Vitesses de scrutation rapide et moyenne.
- Constantes des filtres des traitements des signaux d'entrée
- Nombre maximum de blocs de fonction
- Période de réactivation des alarmes

4.4.2.5. Configuration des fonctions de contrôle :

Famille : FCS builder

Nom: Control drawing

Rôle : Réalisation des schémas de contrôle :

- Installation des blocs fonction.
- Spécification des blocs déclarés.
- Liaison inter-blocs ou avec des E/S procédé.

Pour la définition des stations de contrôle :

- **Configuration** : définit les paramètres de fonctionnement de la FCS.
- **IOM** : déclaration des modules d'entrées/sorties et les signaux du procédé associés.

- **Switch** : définition des bits internes et de communication.
- **Message** : définition des annonceurs (messages d'alarme), événements, guides opérateur et des sorties imprimantes.
- **Function-block** : La programmation de la régulation et des séquences.
- **Display** : Vues dynamiques des schémas de contrôle et des schémas logiques.

4.4.2.6. Configuration des entrées/sorties :

Famille : FCS builder.

Nom : I/O module.

Rôle : définition des nœuds et des modules d'E/S

- Pour chaque nœud: définition des boîtiers d'E/S.
- Pour chaque boîtier d'E/S: définition des E/S.

4.4.2.7. HIS builder :

C'est un ensemble de softwares (packages) permettant la construction des synoptiques, des groupes d'enregistrement, des touches fonction du clavier opérateur, etc.

4.5. Conclusion:

Face aux exigences croissantes du marché, les systèmes d'automatisation des procédés ne cessent d'évoluer grâce aux nouvelles technologies. Cependant, pour les utilisateurs, la fiabilité, la modularité adaptée à la taille des installations, une ingénierie simplifiée et une pérennité à long terme demeurent des priorités absolues.

Le système numérique de contrôle-commande CS 3000 de YOKOGAWA répond à ces impératifs en intégrant les dernières technologies dans une architecture ouverte et modulaire. Cette approche garantit une compatibilité ascendante avec les générations précédentes tout en préservant la fiabilité légendaire qui a fait la réputation de YOKOGAWA

Chapitre 5: Application A La Régulation De La Pression Du Ballon 10v3a

5.1. Introduction :

Dans un système de contrôle distribué (DCS) comme le YOKOGAWA CS3000, une boucle de régulation Split-range est souvent utilisée pour gérer des processus nécessitant une réponse précise et continue sur une large gamme d'opérations. La configuration split-range permet de diviser la sortie d'un contrôleur en deux ou plusieurs signaux distincts, chacun contrôlant un dispositif d'actionnement différent (comme des vannes ou des pompes) en fonction de la gamme de valeurs du signal de commande. Dans le YOKOGAWA CS3000, cette configuration peut être mise en œuvre via son interface utilisateur intuitive et ses capacités de programmation avancées, permettant une intégration fluide avec les capteurs et actionneurs du système. Grâce à cela, le CS3000 peut coordonner efficacement les actions des différents dispositifs pour maintenir le processus sous contrôle optimal, même en présence de variations significatives des conditions de fonctionnement.

5.2. L'objectif de l'étude :

Pour garantir un contrôle précis et flexible des flux sortants d'un ballon après une colonne de distillation, l'installation des trois vannes Split range est essentielle. Ces vannes permettent de réguler avec précision la pression et le débit des essences. Notre objectif est de faire une implémentation et réalisation d'une boucle Split range avec le DCS YOKOGAWA CS 3000.

5.3. Réalisation du régulateur :

5.3.1. Création du projet :

Pour créer notre projet, nous procédons comme suit:

Sélectionner le répertoire principal « SYSTEM VIEW », dérouler le menu par le bouton droit de la souris, choisir → Créer New → Projet

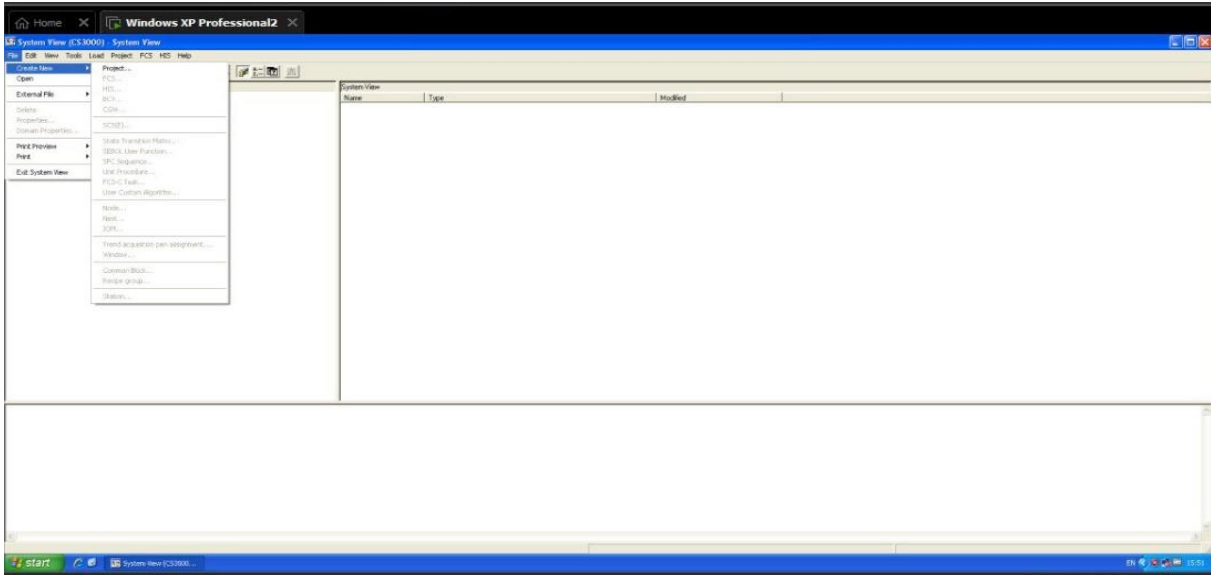


Figure 5.1 : Création d'un projet

5.3.1.1. Création d'un FCS :

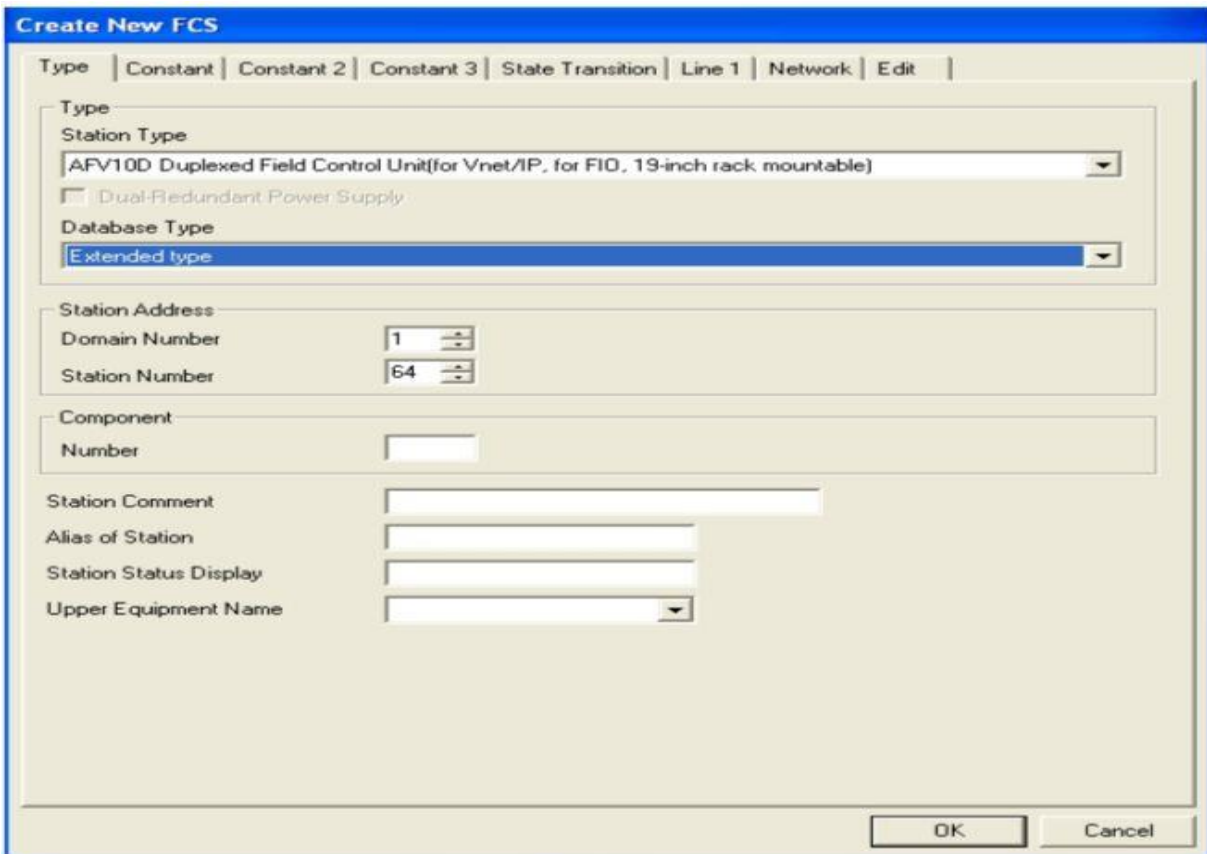
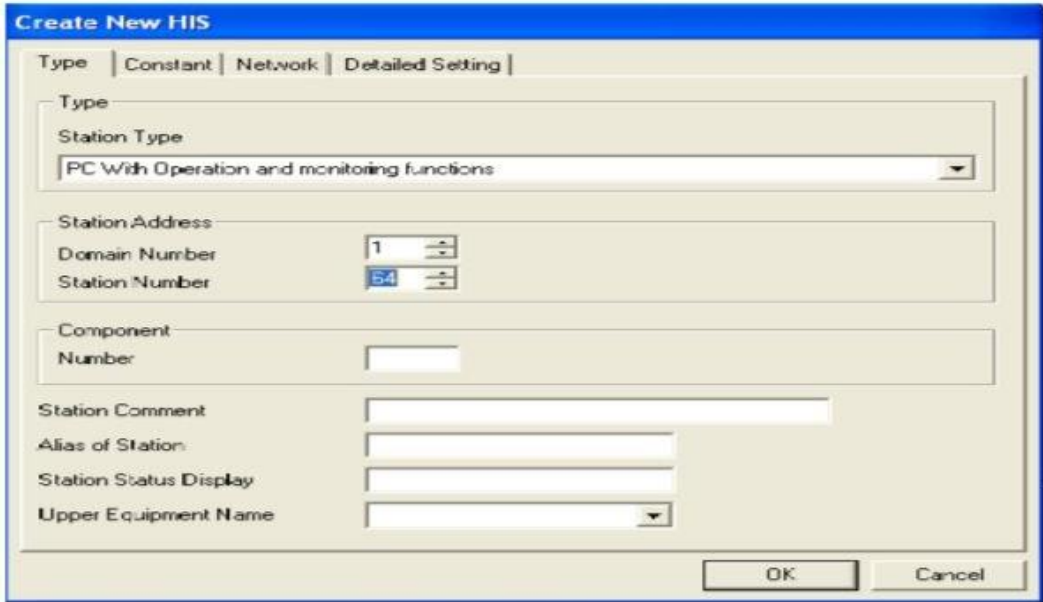


Figure 5.2: Création d'un FCS

Le type de station FCS (Duplexed Field control Unit) est : AFV10D avec une double redondance montée dans des armoires spéciales dans des racks.

5.3.1.2. Création d'une HIS

Type de la station HIS : PC with Operation and monitoring functions. Avec 64 stations et un seul domaine.



The screenshot shows a dialog box titled "Create New HIS" with a blue header. It has three tabs: "Type", "Constant", and "Detailed Setting", with "Type" selected. The "Type" section contains a "Station Type" dropdown menu set to "PC With Operation and monitoring functions". Below this is the "Station Address" section, which includes a "Domain Number" spinner set to 1 and a "Station Number" spinner set to 64. The "Component Number" field is empty. The "Station Comment" field is a large text area, also empty. Below it are "Alias of Station" and "Station Status Display" text boxes, both empty. The "Upper Equipment Name" field is a dropdown menu, also empty. At the bottom right are "OK" and "Cancel" buttons.

Figure 5.3 : Création du HIS

5.3.1.3 : Création d'une carte entrée /sortie

- Création d'une carte d'entrée analogique

L'entrée analogique de ce projet est un transmetteur de pression :10-PT-15

- Création d'une carte de sortie analogique

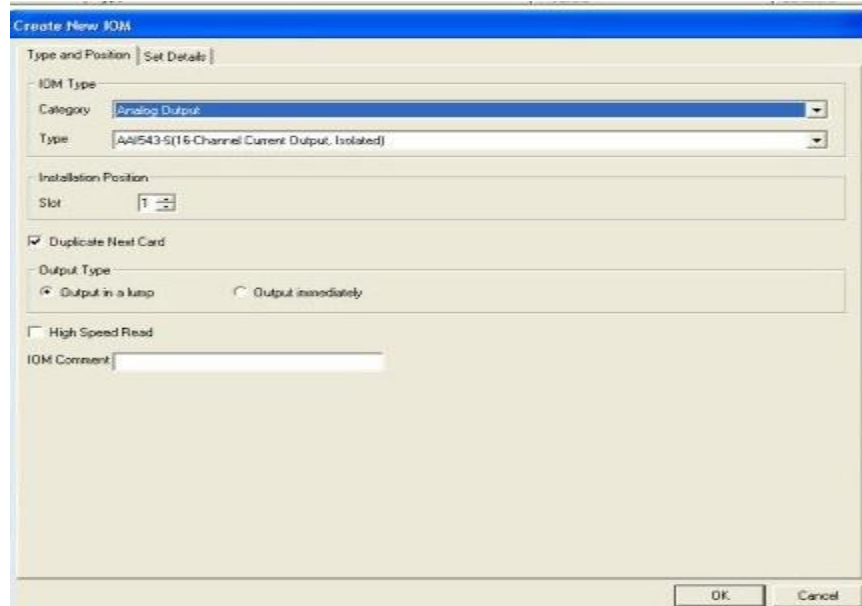


Figure 5.4 :Création d'une carte d'entré analogique

La sortie de ce projet constitue l'entrée pour les trois vannes de la boucle de régulation :

1. 10-PY-15A
2. 10-PY-15B
3. 10-PY-15C

5.3.1.3. Création des cartes de communications

- Carte de communication du transmetteur
- Carte de communication des vannes

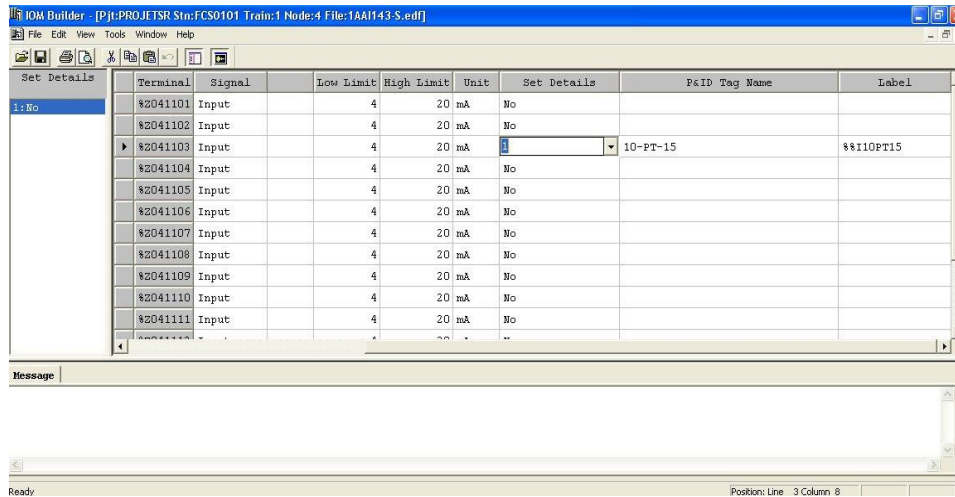


Figure 5.5 : configuration du carte de communication N° 4

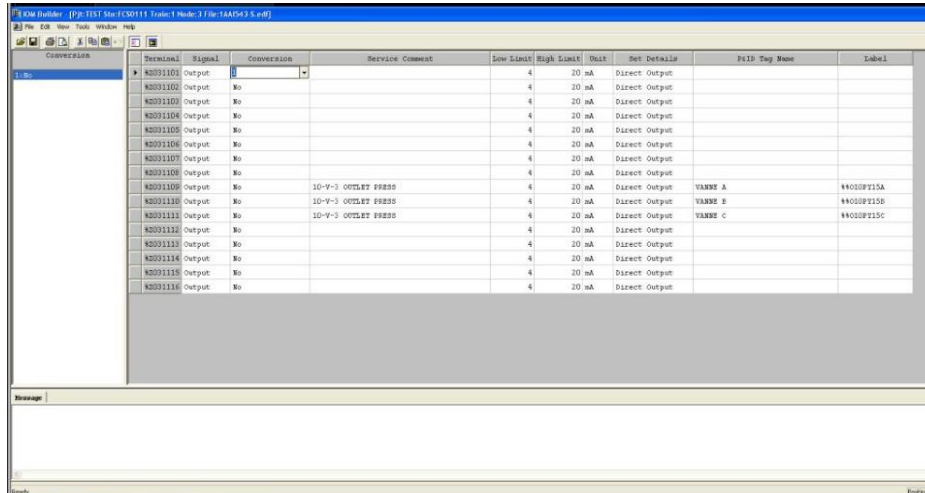


Figure 5.6 : configuration de la carte de communication N°5

5.3.2. Programmation de la boucle de régulation :

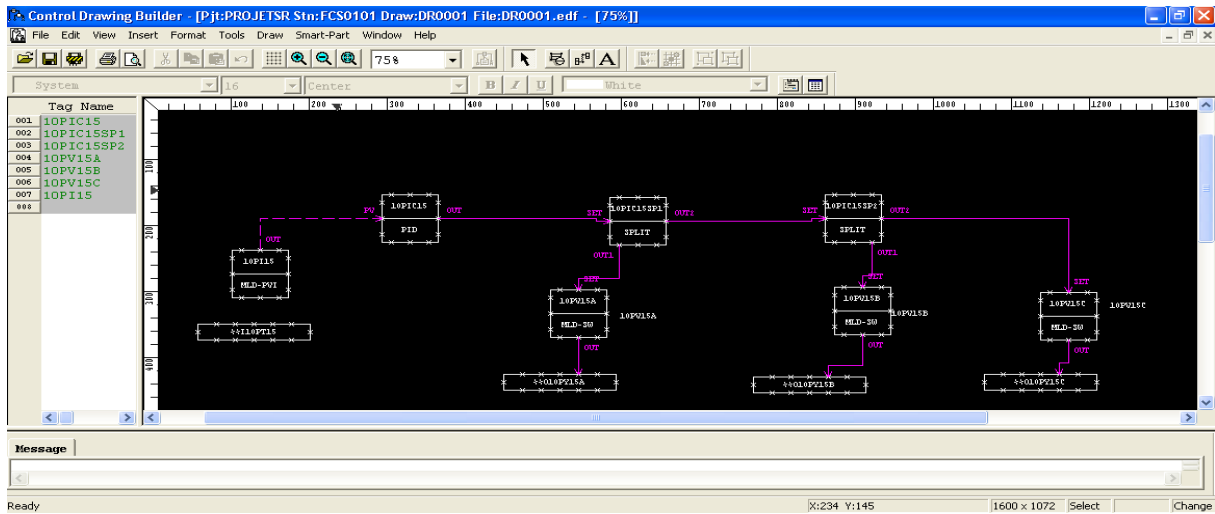


Figure 5.7 : Programmation de la boucle de régulation.

5.3.3. Création des fonctions blocks :

La figure 5.8 illustre un transmetteur 10PT15 connecté à un contrôleur PID, lequel est associé à deux blocs de division (10PIC15SP1 et 10PIC15SP2). La vanne 10PV15A est attaché au bloc de division 1, tandis que les vannes 10PV15B et 10PV15C sont raccordées en cascade au bloc de division 2.

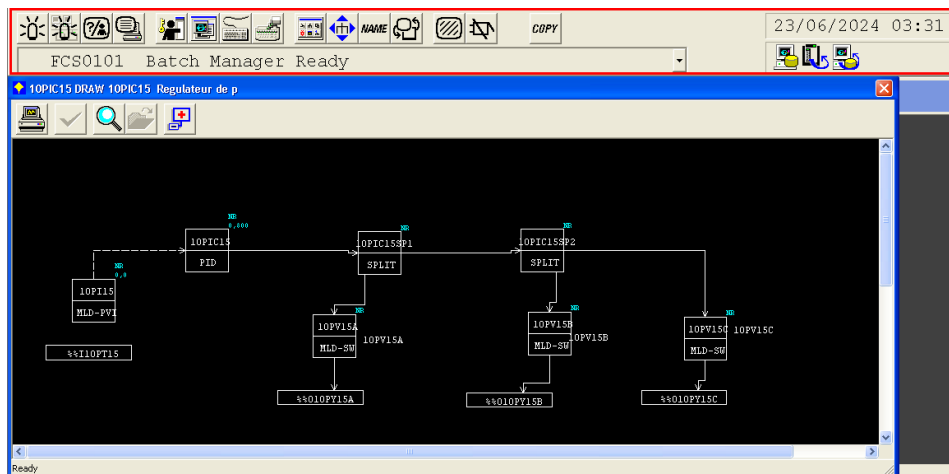


Figure 5.8 : la réalisation de la boucle split range.

Après avoir créé le projet, nous allons vérifier et enregistrer le travail. Ensuite, nous quittons la fenêtre utilisée pour créer notre projet en appliquant l’instruction drawing « DR0001 ».

5.4. La simulation de la boucle split range :

Après avoir terminé la création de notre projet, nous passons maintenant à la simulation de la boucle split range en suivant les étapes ci-dessous :

Activer le Teste de Fonction : Sélectionner FCS0101 et aller à la barre des menus FCS/Test fonction.

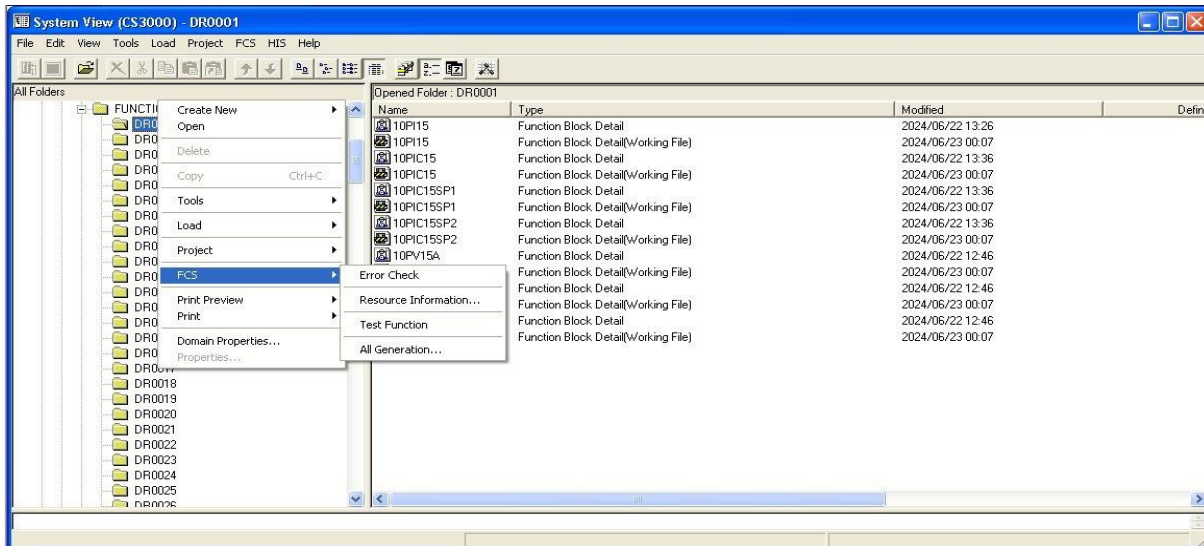


Figure 5.9 :Création de bloc fonction

Dans la fenêtre des messages système, cliquer sur NAME « Appel d'une fenêtre par son nom » → Entrer le nom 10PIC15 pour faire apparaître la fenêtre de façade des instruments. Ensuite, cliquer sur le Menu « appel de vues de fenêtres d'exploitation et de surveillance ».

5.5. Simulation graphique des vannes split range de ballon d'accumulation :

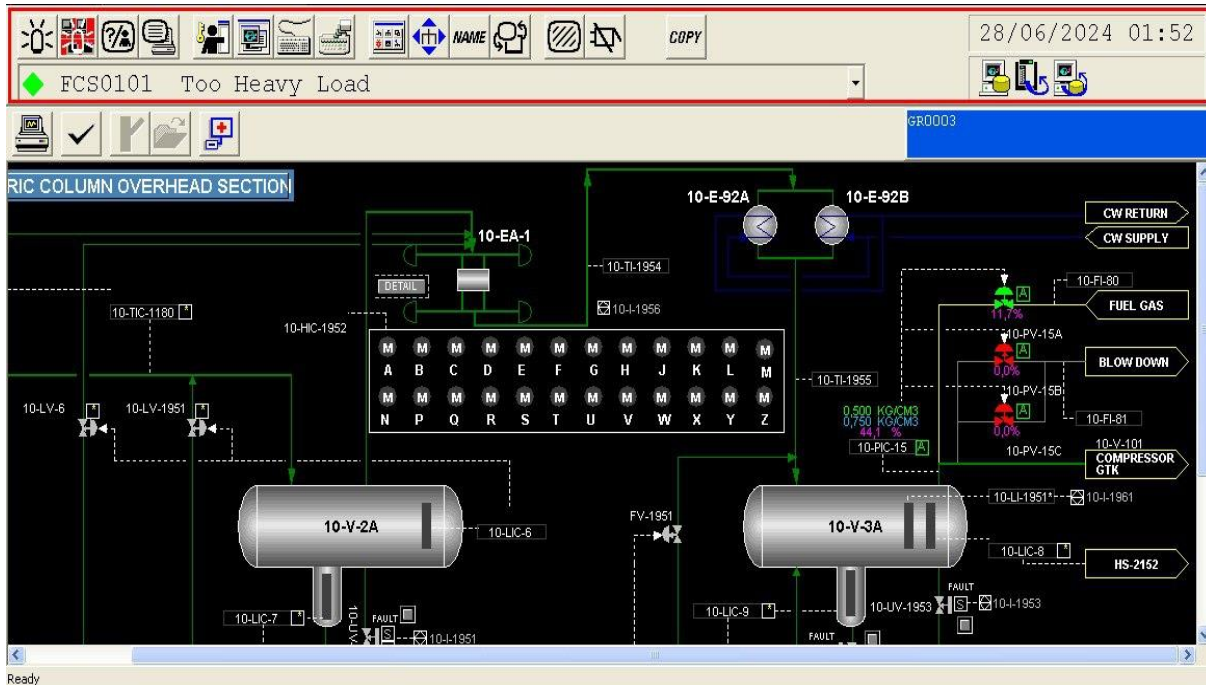


Figure 5.10 : Simulation graphique des vannes split range de ballon d’accumulation.

5.6. La position des block Split :

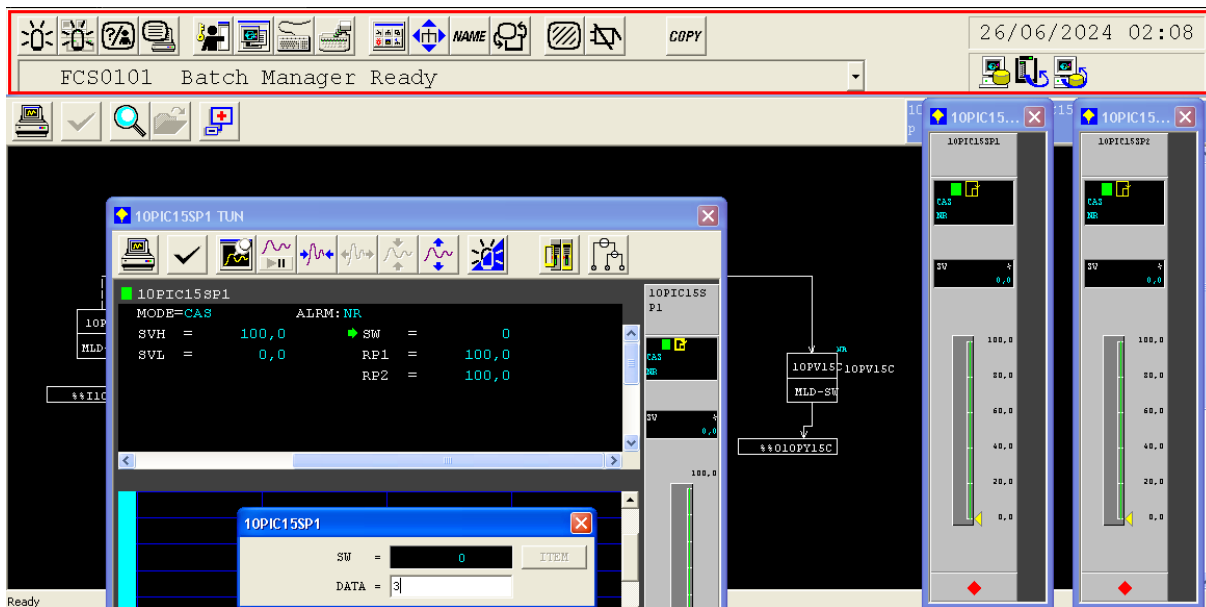


Figure 5.11 : La position du block Split 10PIC15SP1.

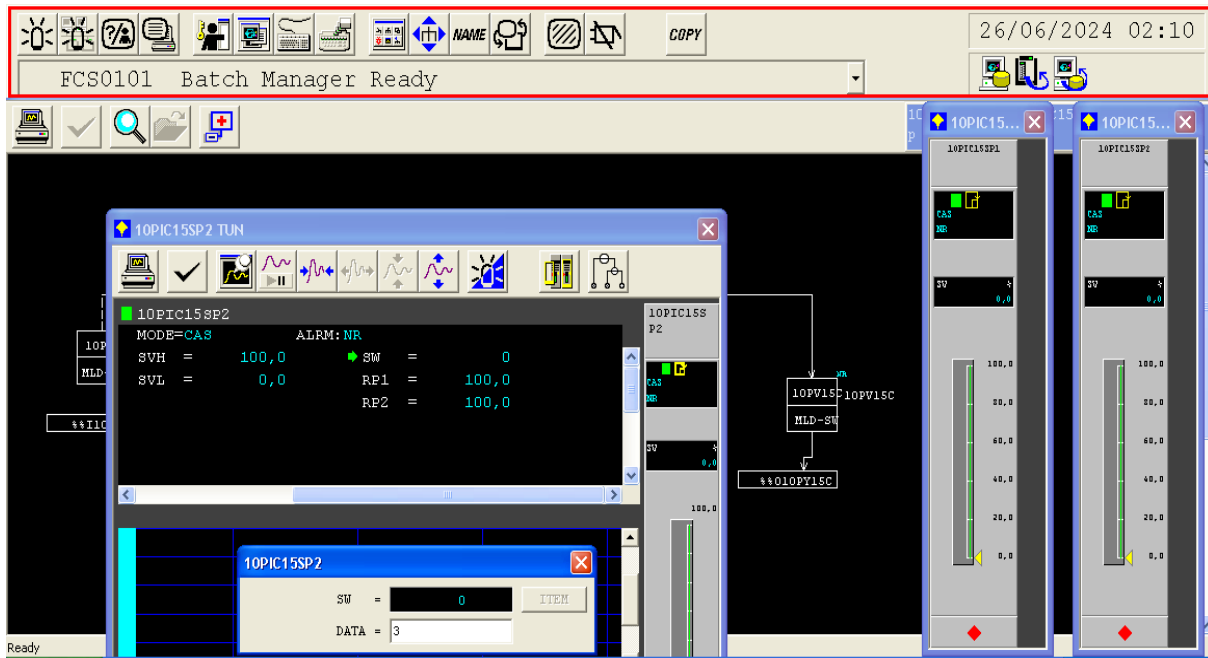


Figure 5.12 : La position du block Split 10PIC15SP2.

5.6.1. Les paramètres des vanne A, B et C :

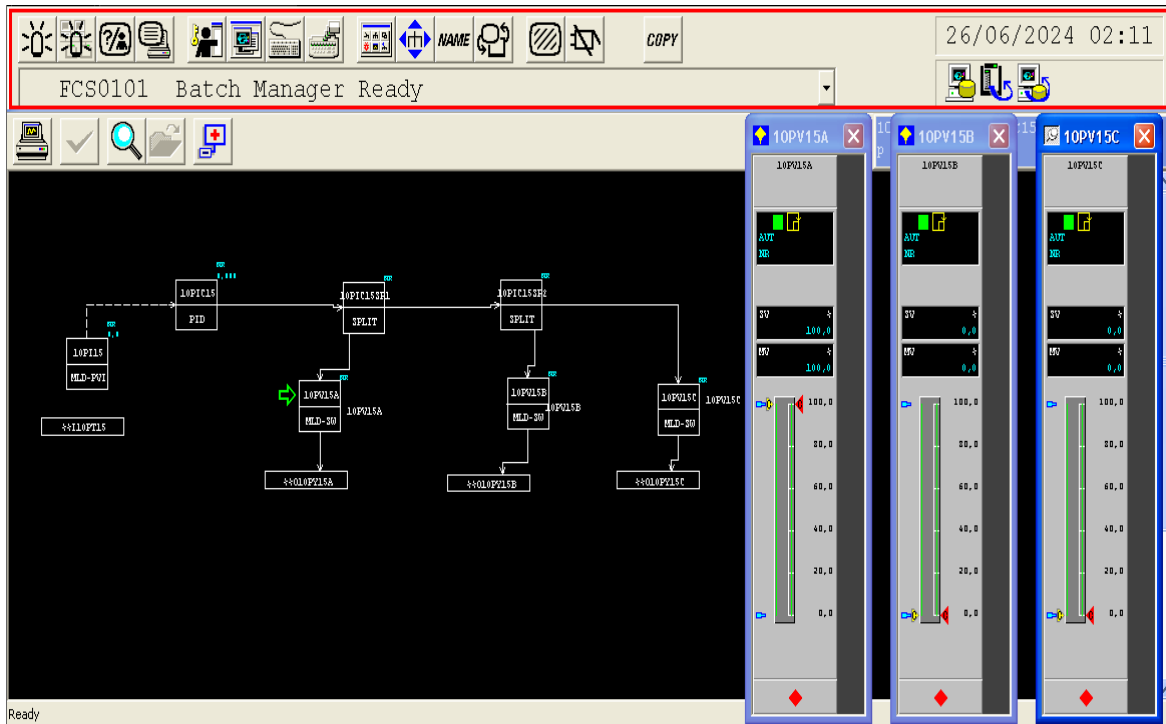


Figure 5.13 : Les paramètres des vannes 10PV15(A, B et C).

5.6.2. Les paramètres du régulateur 10PIC15 :

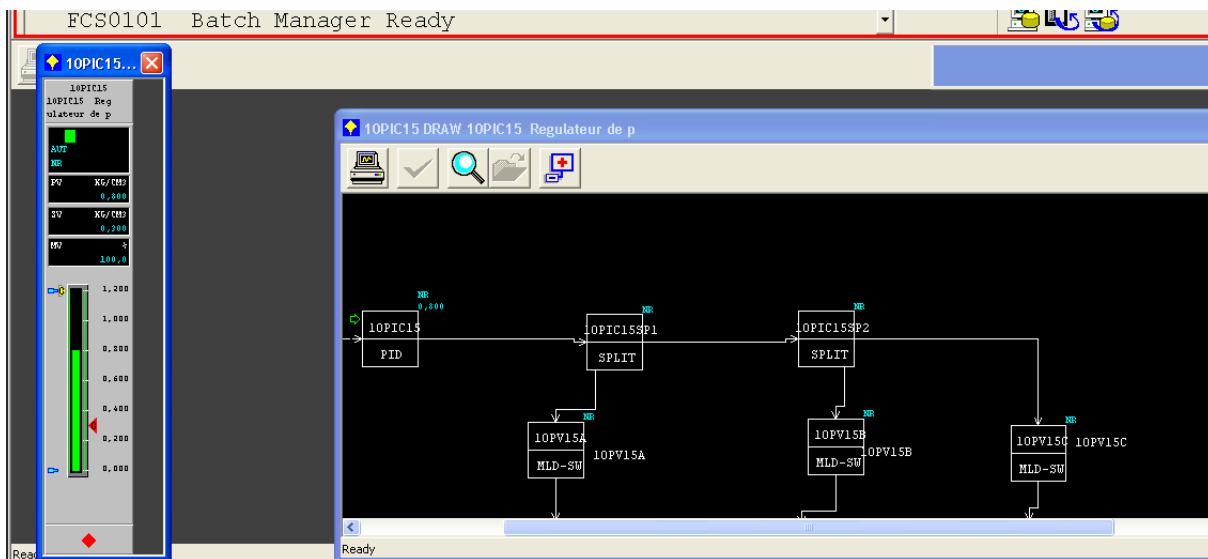


Figure 5.14 : Le régulateur 10PIC15

5.6.3. Effet de la pression du produit sur les positions de trois vannes :

Dans la figure 6.5 on remarque que la vanne A se ferme progressivement jusqu'à 50% tandis que les vannes B, C restent fermés.

Après le 50% on remarque la stabilité de la vanne A et au début de 50% l'ouverture du vanne B jusqu'à ce qu'il atteigne 75% et reste complètement ouvert.

A 75% la vanne C commence à s'ouvrir jusqu'à 100% et reste complètement ouverte.

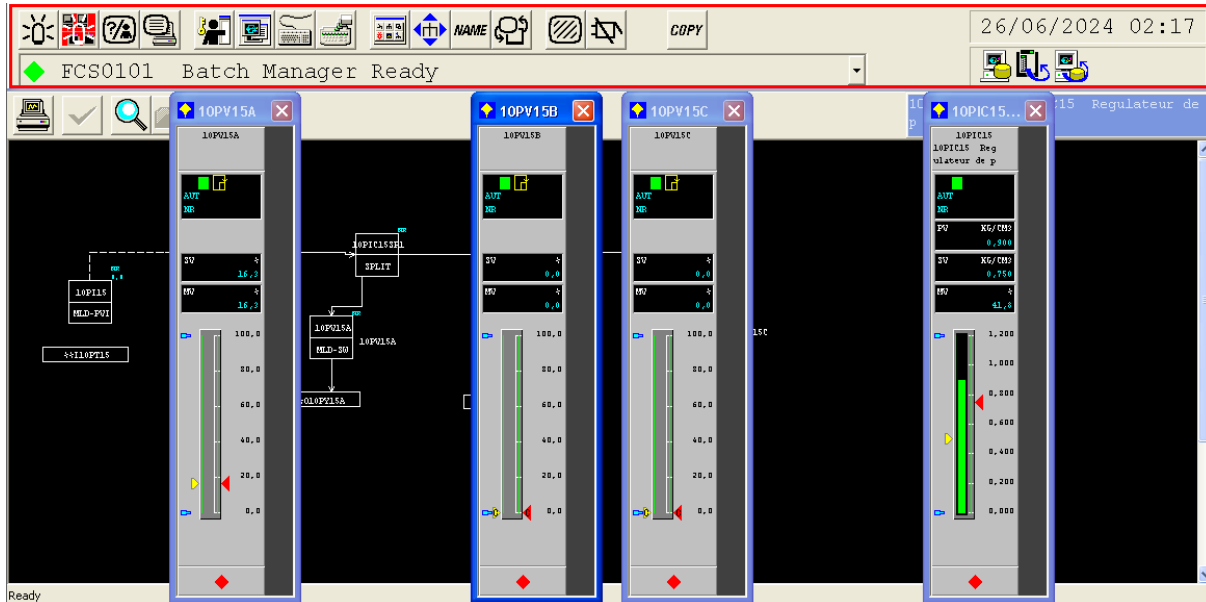


Figure 5.15 : L'effet de la pression sur les trois vannes

- La pression $P=KG /Cm^3$

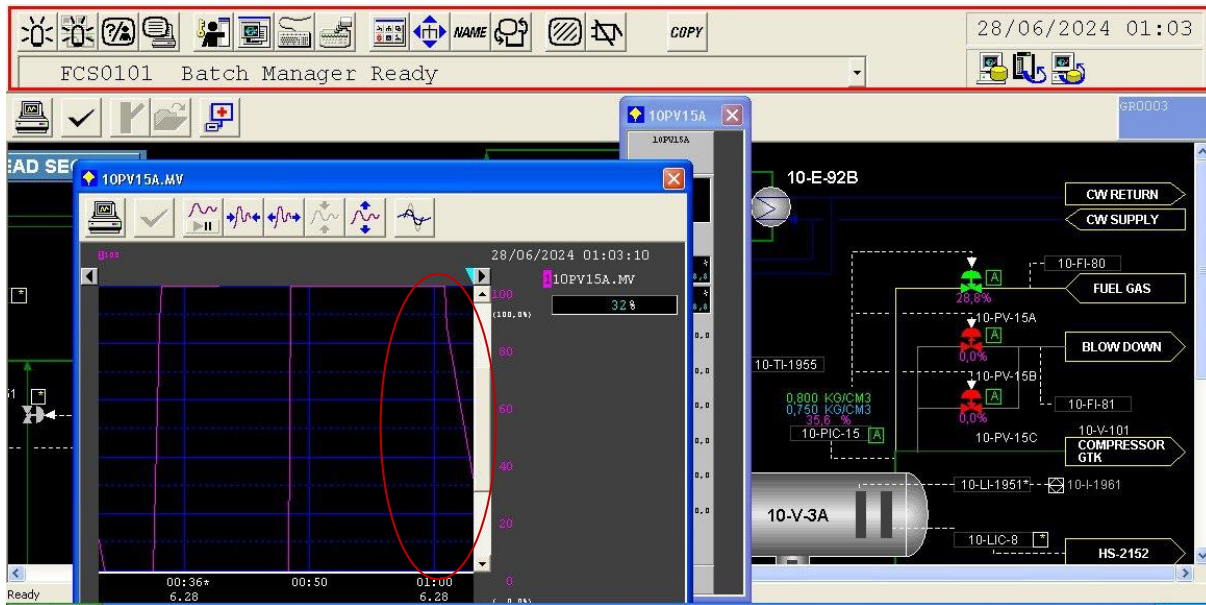


Figure 5.16 : la fermeture de la vanne A

La figure 5.6 illustre la fermeture de la vanne A. Notre consigne est $SV=0,750$ et la valeur de mesure actuelle que nous proposons est $PV=0,800$. Cette légère différence entre SV et PV indique que PV est légèrement au-dessus de la consigne, ce qui entraîne une augmentation des valeurs de la MV , conduisant ainsi à la fermeture de la vanne A et donc à une diminution de la pression.

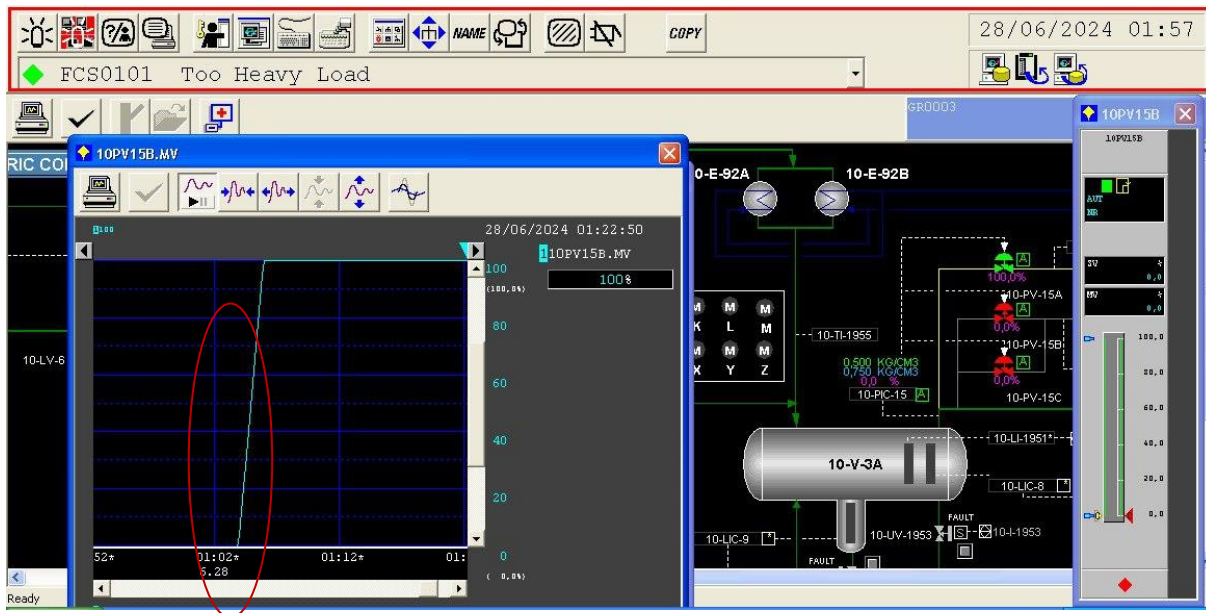


Figure 5.17 : L'ouverture de la vanne B

La figure 5.17 montre l'ouverture de la vanne B dans les mêmes conditions de consigne et de valeurs mesurées et ajustées, avec MV à 50%, alors que la vanne B s'ouvre, tandis que la vanne A est complètement fermée.

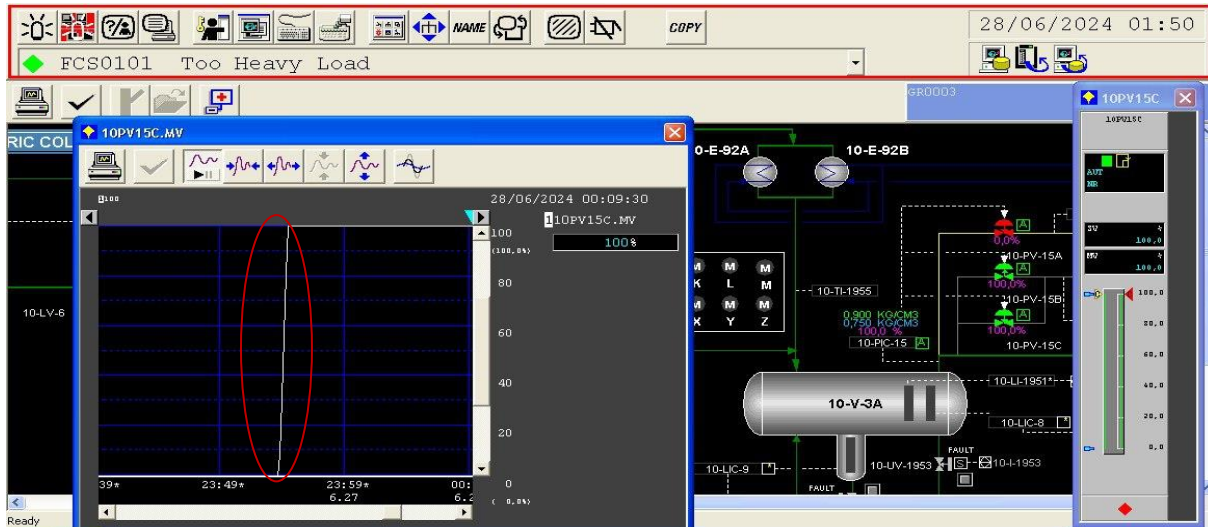


Figure 5.18 : L'ouverture de la vanne C

La figure 5.18 montre l'ouverture de la vanne C dans les mêmes conditions de consigne et de valeurs mesurées et ajustées, avec MV à 75%, alors que la vanne C s'ouvre, tandis que la vanne B est complètement ouverte.

- La pression $P = 0.400 \text{ KG/Cm}^3$

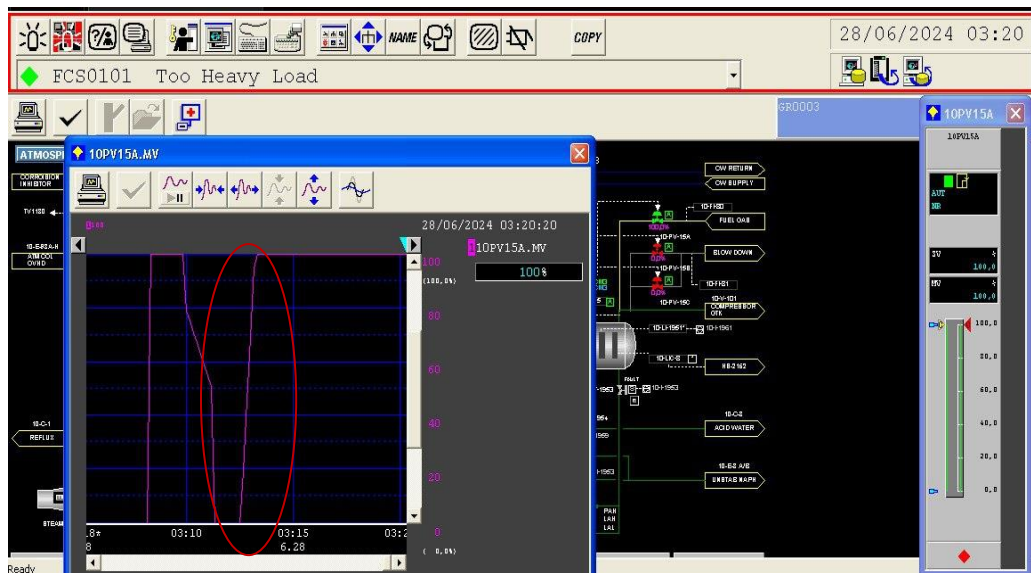


Figure 5.19 : L'ouverture de la vanne A

La figure 5.19 illustre l'ouverture de la vanne A. Notre consigne est $SV=0,750$ et la valeur de mesure actuelle que nous proposons est $PV=0,400$. Cette légère différence entre SV et PV indique que PV est légèrement au-dessus de la consigne, ce qui entraîne une diminution des valeurs de la MV , conduisant ainsi à l'ouverture de la vanne A et donc à une augmentation de la pression.

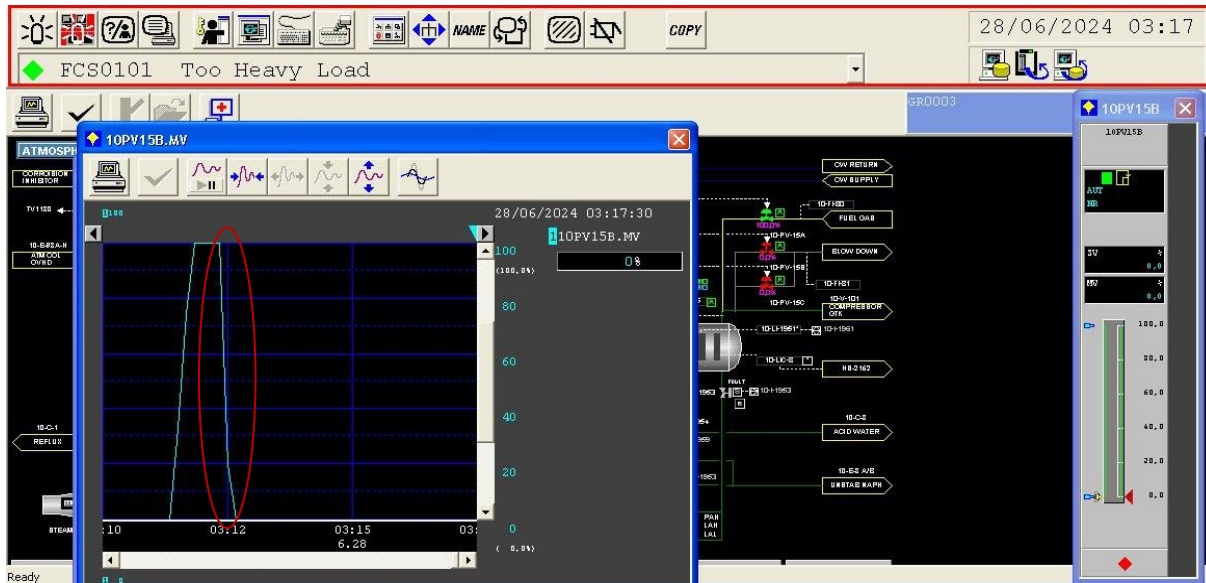


Figure 5.20 : la fermeture de la vanne B

La figure 5.20 montre la fermeture de la vanne B dans les mêmes conditions de consigne et de valeurs mesurées et ajustées, avec MV à 50%, alors que la vanne B se ferme, tandis que la vanne A est complètement ouverte.

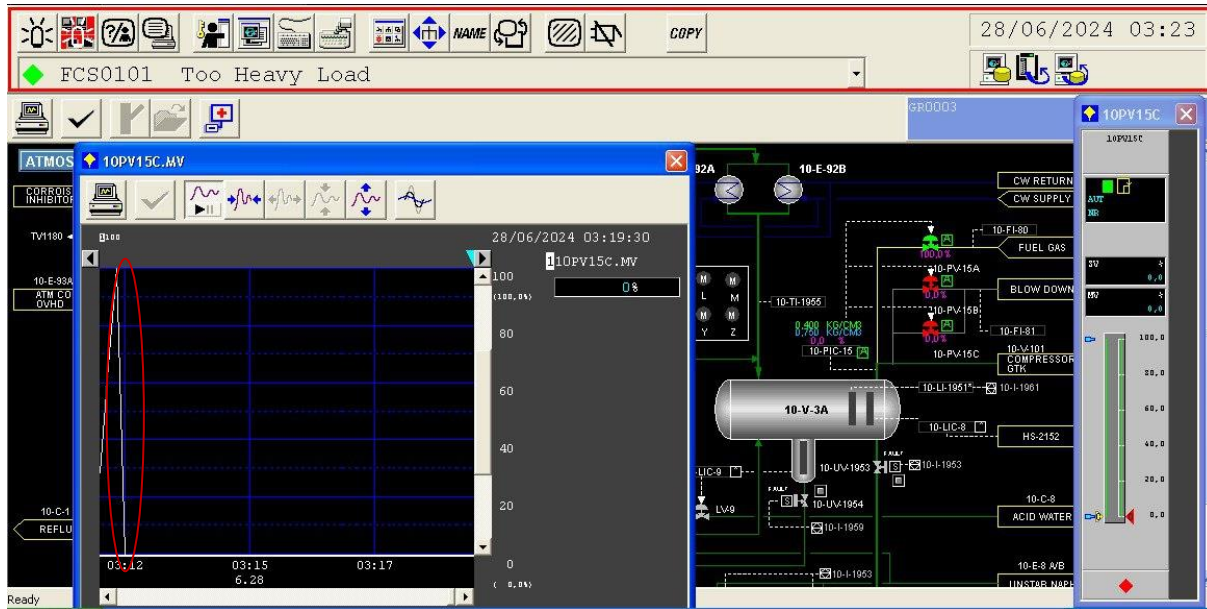


Figure 5.21 : la fermeture de la vanne C

La figure 5.21 montre l'ouverture de la vanne C dans les mêmes conditions de consigne et de valeurs mesurées et ajustées, avec MV à 75%, alors que la vanne C se ferme, tandis que la vanne B est complètement fermée.

5.6.4. La comparaison entre la valeur mesurée et la consigne

Table 5.1 : comparaison entre SV et PV

Vannes \ valeur	PV > SV	PV < SV
Vanne A	Fermeture	Ouverture
Vanne B	Ouverture	Fermeture
Vanne C	Ouverture	Fermeture

5.7. Conclusion

La simulation de pression pour une boucle Split range de trois vannes sur le DCS YOKOGAWA CS3000 a confirmé que cette configuration offre des avantages significatifs en termes de contrôle précis, de flexibilité, de sécurité, et d'optimisation des ressources. Elle permet de maintenir une pression stable et contrôlée, même en cas de variations rapides ou de perturbations. L'intégration de cette configuration dans le DCS YOKOGAWA CS3000 améliore l'efficacité et la fiabilité des

processus industriels, réduisant les coûts et les temps d'arrêt. Ces résultats démontrent que l'utilisation d'une boucle split range de trois vannes est une solution robuste et efficace pour la gestion avancée des processus de pression dans divers secteurs industriels

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Au terme de ce projet de fin d'études intitulé "Régulation de la pression du ballon 10v3A de l'unité de distillation de la raffinerie RA1K Skikda par DCS Yokogawa CS3000", nous avons exploré les divers aspects techniques et opérationnels associés à l'optimisation des procédés industriels de distillation. Le complexe RA1K de Skikda, en tant que pilier de l'industrie pétrolière algérienne, requiert une précision et une fiabilité accrues dans la gestion de ses processus pour maintenir des standards élevés de production et de sécurité.

Synthèse des Résultats

- ✓ **Compréhension et Analyse** : Une présentation détaillée du complexe RA1K a permis de situer l'importance stratégique de cette raffinerie. La description des unités de production et des organigrammes a fourni une compréhension claire de la structure organisationnelle et opérationnelle.
- ✓ **Théorie de la Régulation** : L'étude des principes de la régulation et de l'instrumentation a mis en évidence l'importance de contrôler les paramètres critiques pour maintenir la stabilité et l'efficacité des processus. Les différents types de régulation, en particulier la régulation PID, ont été analysés pour leur pertinence dans le contexte industriel.
- ✓ **Processus de Distillation** : La section sur la colonne de distillation a approfondi notre compréhension du fonctionnement et des composants essentiels des colonnes de distillation, avec un accent particulier sur l'unité de distillation atmosphérique de la raffinerie de Skikda.
- ✓ **Système de Contrôle Distribué (DCS)** : L'étude détaillée du DCS Yokogawa CS3000 a illustré ses capacités et son architecture avancées, démontrant pourquoi ce système est approprié pour la régulation des processus complexes. La flexibilité et la robustesse de ce système ont été soulignées comme des facteurs clés pour améliorer la régulation de la pression.
- ✓ **Simulation et Implémentation** : Les simulations effectuées ont permis de tester et de valider l'efficacité de la boucle de régulation implémentée, y compris la régulation en

split range. La création des fonctions blocks et la programmation de la boucle de régulation ont montré que le système CS3000 pouvait gérer efficacement les variations de pression, contribuant ainsi à la stabilité et à l'optimisation du processus de distillation.

Ce projet a démontré l'importance d'une régulation précise et fiable dans les processus de distillation industriels. En intégrant un système de contrôle avancé comme le DCS Yokogawa CS3000, il est possible d'atteindre une meilleure stabilité opérationnelle, de réduire les risques d'incidents et d'optimiser l'efficacité de la production. Les enseignements tirés de cette étude, notamment sur l'efficacité de la régulation en split range, peuvent servir de référence pour d'autres unités de distillation dans des raffineries similaires, contribuant ainsi à l'amélioration continue des processus industriels.

Références bibliographiques

- [1] "rapport de stage : presentation du complexe raffinerie de skikda RA1K."
- [2] B. R. Araibia Menat Allah Nadine, "etude de regulation dune colonne de distillation de petrole brut," UNIVERSITE DU 20 AOUT 1955 SKIKDA, 2022/2023.
- [3] D. K. e. E. A. MOURAD, "régulation de température par méthode de parallèle range du fond de colonne par système DCS CS 3000," instrumentation université KADHI MERBAH OUARGLA.
- [4] sonatrach, "REGULATION INDUSTRIELLE," IAP, 2021.
- [5] H. A. SLIMANI Sofiane, "Contribution à l'Implémentation d'un Régulateur Flou Simplifié sous un API S7-300," Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, le 02 Juillet 2018.
- [6] R. R, "Régulation analogique, Pradeau La Sède,," Ensemble Scolaire..
- [7] D. B. F, "Implémentation et test en temps réel d'un bloc régulateur RST sur Le procédé," 2017.
- [8] B. A. Benkrea B, "Étude de la boucle de régulation de la température du Réacteur de," INSTITUT ALGERIEN, 2020.
- [9] I. e. S. I. R. e. P. I. a. M. D6-1/A, "Instrumentation-Régulation-Automatismes : Contrôle de Procédé et Boucles de Régulation."
- [10] P. MESSIKH, " cour de distillation," université de 20 aout 1955 Skikda, 2021.
- [11] K. N. Y. BOUDJEMLINE, "Surveillance d'un système des réservoirs par Bond Graph. Mémoire d'ingénieur d'état, institut d'électrotechnique," université de Sétif, 2005.
- [12] A. Molina, "Méthodologie pour le placement des capteurs à base de méthodes de classification en vue du diagnostic. Thèse de Doctorat," niversité de Toulouse, 2005.
- [13] F. Busson, "es Bond Graphs multienergie pour la modélisation et surveillance en génie des procédés," France, 2002.
- [14] "encyclopédie- Larousse en ligne résultats de recherche sur la distillation."
- [15] K. Fouzia, "surveillance d'un condenseur d'une colonne de distillation par les méthodes analytique et graphique, Mémoire de Magister,," Université Setif, 2008.
- [16] R. M. A. M. IEEA, "Conception d'un module de diagnostic a base des suites de bandes temporelles en vue de la super -vision des procédés énergétique, 'Application en ligne à un générateur de vapeur', Thèse de doctorat, Université des sciences et technologie de Lille,," France, 9 Novembre 2004.

- [17] R. L. B. Ould Bouamama M. Staroswiecki, "Surveillance d'un générateur de vapeur, in: Automatique et statistiques pour le diagnostic," B. Dubuisson, ed, 166-199, Hermès, Paris,, décembre 2001..
- [18] A. B. e. B. Mehdi, "Régulation du turbo-expandre et automatisation de la vanne Joule-Thomson au niveau de SH-FCP sous YOKOGAWA Centum VP , Mémoire de Master, Automatique et Informatique Industrielle," Université de Guelma, algeria, 2019.
- [19] "realpars.com," [Online].
- [20] "YOKOGAWA DCS and SIS systeme architecture instrumentation tools".
- [21] P. GATT, Régulation Industrielle, 2019.
- [22] "Concepts de base de la régulation".
- [23] D. K. E. A. Mourad, "Régulation de la température par la méthode parallèle range du fond de la colonne PAR SYTSTEME DCS (cs3000)," UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2017.

Annexe

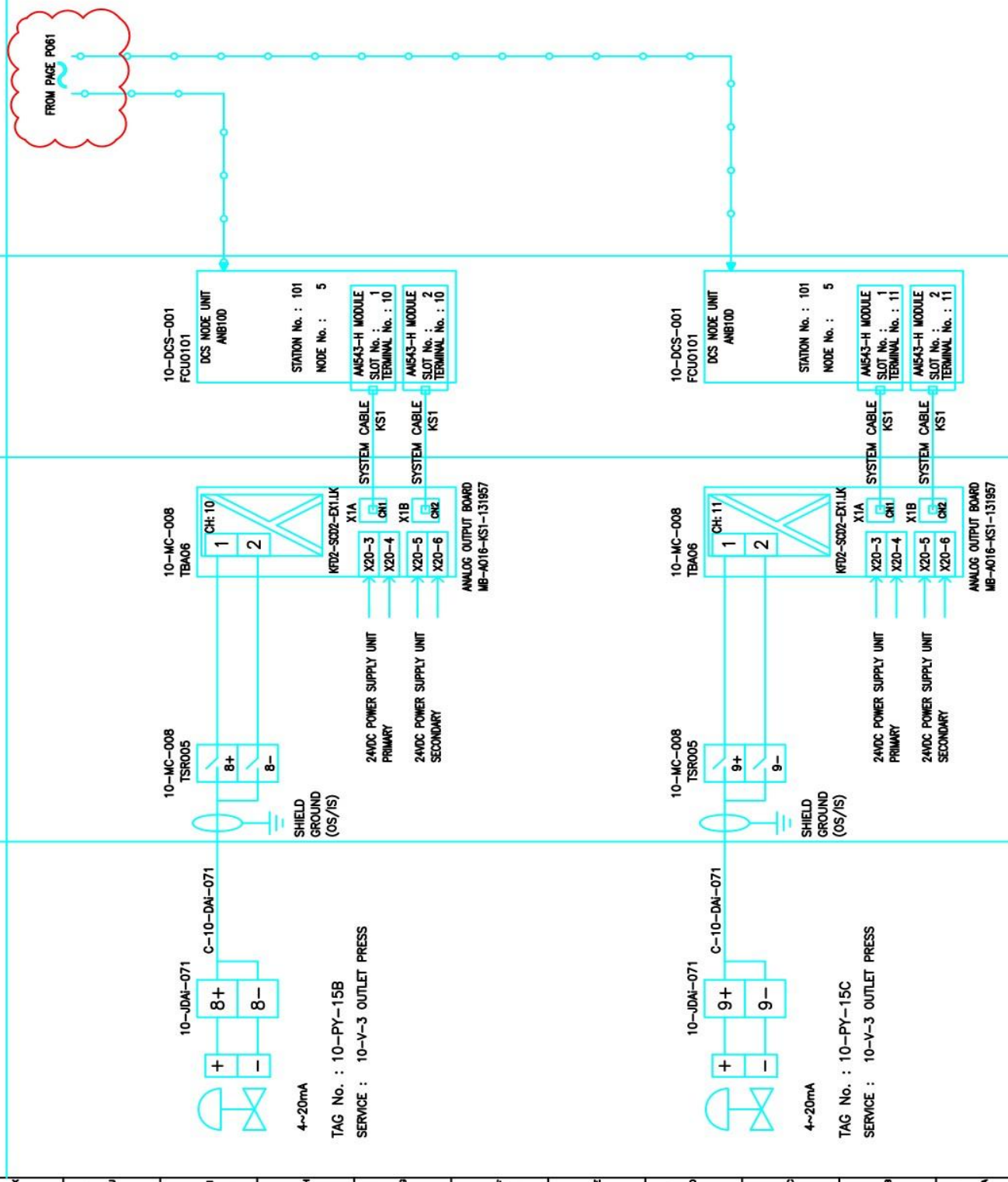
LOOP DRAWING FOR SRR1 (DIAO)

SOFTWARE

DCS SYSTEM CABINET

DCS MARSHALLING CABINET

FIELD



THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF SAMSUNG ENGINEERING COMPANY. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PROJECT FOR WHICH IT HAS BEEN PREPARED. IN WHOLE OR IN PART OR ANY PART THEREOF, IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SAMSUNG ENGINEERING COMPANY.

REFERENCE DRAWING

NO

REV.	DATE	DESCRIPTION	CHKD	APPD	PKL
1		SAUBHABJI FOR PKL	SAUBHABJI		
0		SAUBHABJI FOR PKL	SAUBHABJI		

SONATRACH ACTIVITE AVAL-DIVISION RAFFINAGE					
SAMSUNG ENGINEERING					
SAMSUNG ENGINEERING CO. LTD.					
300, SAMSUNG BLDG. 17F. P.O. BOX 48, YONGIN-CITY, KYONGGI-DO, KOREA					
SRR1					
TITLE : DCS LOOP DIAGRAMS & ADAPTION PROJECT					
YOKOGAWA					
AREA : SRR1					
COMPONENT NO. : P062					
SCALE : N/A	JOB NO. : 6648	LINE : 0000	DATE : 05 IN 0	SHEET NO. : 3248	TOTAL SHEETS : 1

892C-SJ-NI-5-0000-8499 'ON 'JMG

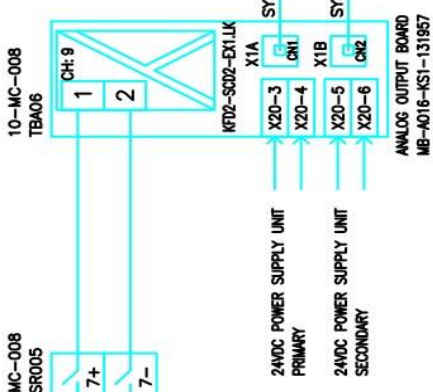
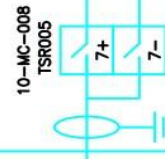
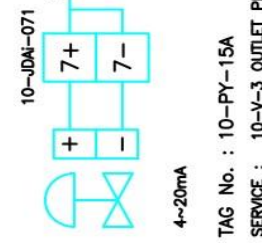
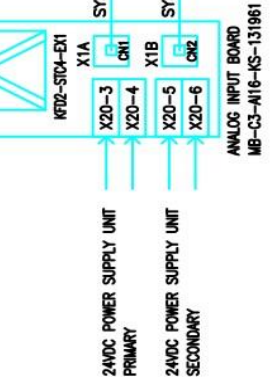
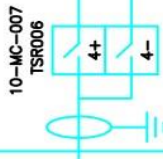
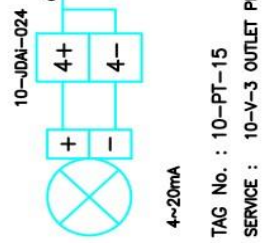
LOOP DRAWING FOR SRR1 (DIAC/DIAO)

FIELD

DCS MARSHALLING CABINET

DCS SYSTEM CABINET

SOFTWARE



THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD. AND IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD.

REV.	DATE	DESCRIPTION	OWN	CHK	APP	PM
1		REVISION FOR FINAL				
0		REVISION FOR FINAL				

SONATRACH ACTIVITE AVAL-DIVISION RAFFINAGE

SAMSUNG ENGINEERING
SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD.
SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD.
SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD.

YOKOGAWA

SKODA REFINERY REHABILITATION & ADAPTATION PROJECT

FILE : DCS LOOP DIAGRAMS
LOOP DRAWING FOR SRR1 (DIAC/DIAO)

NO.	REV.	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE

SCALE : 1 : 1

NO. : 6648

DATE : 0000

NO. : 5

NO. : 1

NO. : 0

NO. : 3248

NO. : 1